



YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**FUTBOLCULARDA FARKLI AÇILARDA YAPILAN
NORDİC EGZERSİZİNİN İZOMETRİK KASILMA
ESNASINDAKİ EMG VERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet ERCEN

Lefkoşa

2025

**KKTC
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI**

**FUTBOLCULARDA FARKLI AÇILARDA YAPILAN
NORDİC EGZERSİZİNİN İZOMETRİK KASILMA
ESNASINDAKİ EMG VERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet ERCEN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Deniz ERDAĞ**

2025-LEFKOŞA

Onay

Ahmet Ercen tarafından hazırlanan ‘‘Futbolcularda Farklı Açılarda Yapılan Nordic Egzersizinin İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması’’ başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak 03.02.2025 tarihinde kabul edilmiştir.

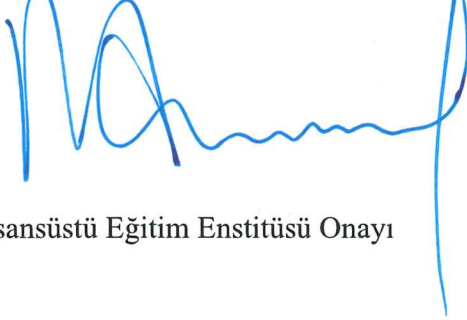
Jüri Üyeleri	Adı – Soyadı	İmza
--------------	--------------	------

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Mustafa Ferit Acar	
---------------	------------------------------	--

Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Ulaş YAVUZ	
-------------	----------------------	--

Danışman:	Doç. Dr. Deniz ERDAĞ	
-----------	----------------------	--

Anabilim/ Anasanat Dalı Başkanı Onayı



Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

03/02/2025

Prof. Dr. Mehtap TIRYAKIOĞLU

Ünvan, Ad-Soyad

Anabilim/Anasanat Dalı Başkanı

03/02/ 2025

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can Başer

Enstitü Müdürü

*Eğer Doktora Tezi ise 5 jüri üyesi olacak şekilde bu kısım düzenlenir.

Etik İlkelerle Uygunluk Beyanı

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ahmet ERCEN**03.02.2025****İmza**

Teşekkür

Tez sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen, her fırsatta yanımda olan, tüm imkanlarını kullanan Doç. Dr. Deniz ERDAĞ’a, bilgi birikiminden faydalandığım, tüm tecrübe ve yorumlarını benden esirgemeyen Prof. Dr. Ulaş YAVUZ’a, Yüksek lisans eğitim dönemi boyunca ders aldığım saygı değer hocalarıma, Çalışmamın her anında beni dinleyen ve kolaylık sağlayan antrenör arkadaşım Hacı Ahmet AKKAYA’ya, eğitim hayatım boyunca beni maddi, manevi destekleyen sevgili ailem, dostlarıma teşekkür ederim.

Ahmet ERCEN

Özet

Futbolcularda Farklı Açılarda Yapılan Nordic Egzersizinin İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması

Ahmet Ercen, Doç. Dr. Deniz ERDAĞ

Bu çalışma, futbolcularda farklı açılarda gerçekleştirilen Nordic egzersizinin izometrik kasılma esnasındaki elektromyografi (EMG) verilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Nordic egzersizi, özellikle hamstring kas grubunun kuvvetlenmesini sağlayarak sporcularda kas yaralanmalarını önleme ve performans artırma potansiyeline sahiptir. Çalışmaya yaşları $21,5 \pm 4,80$ arasında değişen 10 sağlıklı erkek futbolcu katılmıştır. Deneklerin kas aktivitesi, 8 kanallı çift modlu taşınabilir EMG sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, Biceps Femoris ve Semitendinosus kaslarının Nordic egzersizi sırasında en yüksek aktivasyonu gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, Gluteus Maximus ve diğer destekleyici kas grupları da önemli ölçüde aktive olmuştur. Çalışma, Nordic egzersizinin futbolcularda kas dayanıklılığı ve stabilizasyonunu artırmada etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, bu egzersizin farklı açılar ve spor branşlarındaki etkileri daha ayrıntılı incelenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Futbol, Nordic Egzersizi, EMG, İzometrik Kasılma, Kas Aktivasyonu

Abstract

Comparison Of EMG Data Isometric Contraction Of Nordic Exercise Performed At Different Angles In Football Players

Ahmet ERCEN, Doç. Dr. Deniz ERDAĞ

This study aims to compare the electromyography (EMG) data of Nordic exercises performed at different angles during isometric contraction in football players. The Nordic exercise has the potential to strengthen the hamstring muscle group, prevent muscle injuries, and enhance athletic performance. The study included 10 healthy male football players aged 21.5 ± 4.80 years. Muscle activity was analyzed using an 8-channel dual-mode portable EMG system. The results showed that the Biceps Femoris and Semitendinosus muscles exhibited the highest activation during the Nordic exercise. Additionally, the Gluteus Maximus and other supportive muscle groups were also significantly activated. The study demonstrates that the Nordic exercise is an effective method for improving muscle endurance and stabilization in football players. Future research should examine the effects of this exercise in different angles and sports disciplines in greater detail.

Keywords: Football, Nordic Exercise, EMG, Isometric Contraction, Muscle Activation.

İçindekiler

Onay.....	I
Etik İlkeler Uyumluk Beyanı.....	II
Teşekkür.....	III
Özet.....	IV
Abstract.....	V
İçindekiler.....	VI
Tablolar listesi.....	VIII
Şekiller listesi.....	X
Kısaltmalar.....	XI
BÖLÜM I.....	
Giriş.....	1
BÖLÜM II.....	4
GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Genel Bilgiler.....	4
2.1.1 Nordic Egzersizinin Tanımı ve Önemi.....	4
2.1.2 Nordic Egzersizi Sırasında Kas Aktivasyonu.....	5
2.1.3 Nordic Egzersizinin Farklı Açılı ve Pozisyonlarda İncelenmesi.....	5
2.1.4 Futbolcular İçin Nordic Egzersizinin Performans ve Yaralanma Üzerine Etkileri.....	6
2.2 Nordic Egzersizinin İçine Dahil Olan Kas ve Eklemler.....	7
2.2.1 Nordic Egzersizinde Hamstring Kas Grubu.....	7
2.2.2 Nordic Egzersizinde Kalça Kaslarının Rolü.....	8
2.2.3 Nordic Egzersizinde Diz Eklemi ve Çevresindeki Kaslar.....	8
2.2.4 Nordic Egzersizinde Ayak Bileği ve Alt Bacak Kaslarının Katkısı.....	9
2.3 Nordic Egzersizinde Core Kaslarının Önemi.....	9
2.4 Elektromiyografi (EMG).....	10
2.4.1 Elektromiyografi (EMG) Cihaz Kurulumu ve Yönetimi.....	10
2.4.2 Yüzeysel Elektromiyografinin Kullanımı.....	11
2.4.3 Elektrot Yerleşimi ve Önemi.....	11
2.4.4 Artefakt ve Parazit Önleme.....	12
BÖLÜM III.....	12
Gereç ve Yöntem.....	12
3.1. Denekler.....	12
3.2. Veri Toplama Araçları.....	13
3.2.1. Antropometrik Ölçümler.....	13
3.2.3 Maksimal İstemli İzometrik Kasılma Testi (Maximum Voluntary isometric Contraction Test).....	14
3.2.4. EMG.....	14
3.3. Verilerin Toplanması.....	16
3.3.1 Çalışma Planı.....	16
3.3.2. Maksimum İstemli izometrik Kasılma.....	17

3.3.4 EMG.....	19
3.3.3. Hareket Analizi.....	21
3.4. Verilerin Analizi.....	22
3.4.1 EMG Verisinin Analizi.....	22
3.4.2 Kinematik Verisinin Analizi.....	23
BÖLÜM IV.....	26
4. Bulgular.....	26
4.1. Verilerin İstatistiksel Analizi.....	26
BÖLÜM V.....	42
Tartışma.....	42
5.2 Nordic hareketi Esnasında Harekete Katılan Kaslarının Maksimal İstemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verilerinin kaslar arası karşılaştırılması.....	43
5.3 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG Verilerinin ortalaması.....	45
5.4 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG Verilerinin ortalamalarının kaslar arası karşılaştırılması.....	46
5.5 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortalamasının diz açısı ortalama verileri.....	48
5.6 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin katılımcılar arası ortalamasının,ortalama kalça açısı verileri.....	49
5.7 Nordic hareketi esnasında maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verilerinin fazlar arası karşılaştırılması.....	51
5.8 Nordic hareketi esnasında maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortalamasının, ortalama Diz ve Kalça Açısı verilerine göre fazlar arası karşılaştırılması.....	52
5.9 Nordic hareketi esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	52
5.10 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	54
5.11 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	55
5.12 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	55
5.13 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri arasındaki korelasyonlar.....	56
5.14 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar.....	57
SONUÇ.....	58
Kaynakça.....	60
Ekler.....	68
Özgeçmiş.....	70

Tablolar listesi

Tablo 1. Çalışmanın yaptığı kaslarda MİK toplama pozisyonları.....	17
Tablo 2. Çalışmanın yapılacağı kaslarda elektrot yerleşimi.....	19
Tablo 3. Deneklerin üzerine yerleştirilen yansıtıcı işaretlerin yerleri ve tanımlamaları.	22
Tablo 4. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Katılan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verileri.....	27
Tablo 5. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Katılan Kaslarının Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verilerinin Kaslar Arası Karşılaştırılması.....	28
Tablo 6. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalaması	29
Tablo 7. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamalarının Kaslar Arası Karşılaştırılması.....	30
Tablo 8. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Diz Açısı Ortalama Verileri.....	31
Tablo 9. Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Katılımcılar Arası Ortalamasının Ortalama Kalça Açısı Verileri.....	32
Tablo 10. Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verilerinin Fazlar Arası Karşılaştırılması.....	33
Tablo 11. Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Ortalama Diz ve Kalça Açısı Verilerine Göre Fazlar Arası Karşılaştırılması.....	34
Tablo 12. Nordic hareketi esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar	36

Tablo 13.Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	37
Tablo 14.Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	38
Tablo 15.Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar.....	39
Tablo 16.Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri arasındaki korelasyonlar.....	40
Tablo 17.Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar.....	41

Şekiller listesi

Şekil 1. Tanita HR-200 duvar aparat boy cetveli.....	13
Şekil 2. Tanita BC-418 vücut kompozisyon analizörü.....	14
Şekil 3. Deney düzeneğinde kullanılan EMG cihaz ve analiz sistemi.....	15
Şekil 4. Deney düzeneğinde kullanılan hareket analizi sistemi (SaSuite).....	16
Şekil 5. Anatomik Noktalara Yerleştirilen İşaretler.....	21
Şekil 6. Kalibrasyon Kafesi.....	25
Şekil 7. Futbolcuların Kaslara göre İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması (Ortalama).....	29
Şekil 8. Futbolcuların Kaslara göre İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması (Maksimum).....	31
Şekil 9. Nordic Hareketi Esnasında Kalça ve Diz Açısına Göre Kaslara Ait Ortalama ve Maksimum EMG Verileri.....	33
Şekil 10. Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının, Ortalama Diz ve Kalça Açısı Verilerine Göre Fazlar Arası Karşılaştırma Verileri.....	35

KISALTMALAR

EMG: Elektromiyografi

Max: En yüksek değer **Min:**

En düşük değer

n: Kişi sayısı

p: Anlamlılık

rho: Spearman korelasyon katsayısı

s: Std. Spma

SO: Sıra ortalaması

x: Ortalama

X2: Friedman testinin test istatistiği değeri

BÖLÜM I

Giriş

Futbolda kuvvet, sürat, dayanıklılık gibi fiziksel uygunluk parametreleri, teknik ve taktik verimlilik için belirleyicidir (Weneck.,2011). Futbolda başarıya katkıda bulunan bir faktör olan kuvvetli quadriseps (Q) kası sprint, sıçrama ve topa vurmada önemli rol oynarken, hamstring (H) kası güçlü adım almada önemli bir faktör olan diz fleksiyonuna katkıda bulunur. Hamstring, 3 kastan biceps femoris(BF) semimembranosus kası [SM] ve semitendinosus kası [ST]) oluşan bir biartiküler kas kompleksidir. Bu kas kompleksi hem kalça ekstansiyonu hem de diz fleksiyonundan sorumludur ve yürüme, koşma, bisiklete binme ve atlama gibi fiziksel aktivitelerde önemli bir rol oynar.(Schoenfeld.,2010) Bu nedenle, futbolda optimum performans, önemli hamstring gücü ve gücü gerektirebilir.

Hamstring kaslarının zayıflığı veya sertliği kasların farklı bölümleri arasındaki aktivasyon dengesizliği ve düşük hamstring-quadriseps kuvvet oranı kalça, diz ve hamstring yaralanmalarına yol açan başlıca faktörlerdir.Hamstring kas aktivitesi, spor için sprint kadar gerekli olan bir spor manevrası sırasında diğer tüm kas gruplarından daha yüksektir. Hamstring kasları, spor pratiğinin birçok yönü için gereklidir(Morin ve ark.,2015). Aynı zamanda, hamstring gücü, atletik performans ile pozitif olarak ilişkili görünmektedir. (Markovic ve ark.,2020 ; Shøi ve ark.,2019) Aslında, çoğunlukla tüm spor takımları, performans geliştirme ve önleme stratejilerinin bir parçası olarak hamstring kuvvet egzersizlerini içerir (Morin ve ark.,2015 ; O'Brien ve Finch 2016). (Utku ve Akın ,.2017)

Yüzeysel EMG(yEMG), günümüzde birçok tıp alanında sıklıkla kullanılır ve kas fonksiyonunu analiz etmeye yarayan bir değerlendirme aracıdır. Vücut kaslarımızın kasılmasına dair önemli bilgiler içeren bu ölçme tekniği yardımıyla hangi harekette hangi kasların aktifleştigiine bakılır (Berger ve ark.,2010 ; Kondrad,2005). yEMG, özellikle yürüme hareketi gibi önemli veriler içeren aktivitelerde, hangi aşamada kasların aktivite gösterdiğine dair bilgiler verir. Bunun yanı sıra, kasın yorgunluğunu değerlendirmeyi ve kas kuvveti tahminlerinde bulunmayı sağlar (Grey ve ark.2004; Olney ve Winter 1985). Yüzeysel EMG

(yEMG); kasa ait aktivasyon hakkında, kaslar, tendonlar ve diğer dokulardaki içsel yüklerin 'online' değerlendirilmesinde rakipsizdir (Mertelli ve ark.,2004).

Literatürde Hamstring kasının aktivasyonu üzerine çok fazla araştırma yapılmamıştır. Hamstring kuvvet egzersizleri sırasında Biceps Femoris aktivasyonunu inceleyen sistematik bir araştırmada, Biceps Femoris uzun başını aktif etmek için Nordic ve İzokinetik egzersizlerin iyi bir tercih olduğunu göstermiştir(Almuzara ve ark.,2021).

Nordic Hamstring Egzersiz (NHE), özel ekipman gerektirmeyen zemin üzerinde yaptırılan eksantrik kas kasılması gerektiren bir egzersiz türüdür. (Al Attar vd 2017).Hareketin uygulanışı; sporcu bileklerinden sabitlenmiş bir pozisyonda bacaklarıyla pozisyonunu korumaya çalışarak gövdesi tamamen düz, yapabildiği kadar yavaş şekilde kendini öne doğru bırakır ve ardından kolları ile kendini yerden iterek başlangıç pozisyonuna döner. Bu çalışma hamstring grubu kasların kuvveti için en etkili çalışmalardan biridir. NHE sırasında her iki eklemden hamstring kas aktivasyonu, geleneksel hamstring kası egzersizlerine göre daha fazla maksimal eksantrik kas kuvveti gerektirmektedir (Mjølunes vd 2004). Direnç olarak vücut ağırlığı kullandığı ve özel bir ekipman gerektirmediği için NHE yaygın olarak kullanılmaktadır (Cuthbert vd 2019). NHE eğitimiyle, eksantrik kas kuvveti, kas aktivasyonu ve sıçrama yüksekliği performansının arttığı bildirilmiştir (Delahunt vd 2016). Bunun yanı sıra, 10 haftalık NHE eğitimi sonrasında sporcularda, hamstring yaralanmalarının görülme sıklığında yaklaşık %65-70 oranında azalma gözlemlendiği ve tekrarlayan yaralanmaların önlemleri tespit edilmiştir (Opar vd 2012).

Nordic Hamstring Egzersizi Diz Fleksiyon Açısında Yapılarak Biceps Femoris Kası Harekete Geçirilir isimli çalışmada katılımcılar 50° (ICL) ve 40° (ICH) eğimli bir platform kullanarak izometrik NHE gerçekleştirdiler ve diz fleksiyon açısı 50° ve 30° olarak kontrol edilmiştir. Her egzersiz sırasında BFlh, ST, semimembranosus, gluteus maximus, elector spinae ve rectus abdominus kaslarının elektromiyografi (EMG) aktivitesi belirlenmiştir. NHE sırasında ST'nin EMG'si BFlh'ninkinden daha yüksektir ve tüm egzersizlerde tüm kasların en yüksek seviyede görülmüştür ($p < 0.05$). Ayrıca, diz eklemi açısından bağımsız olarak, ICH için BFlh'nin aktivitesi, ICL'ye göre ST'ninkinden daha yüksek olma eğiliminde olmuştur. BFlh'nin aktivitesi, NHE sırasında 50°'den daha az bir diz fleksiyon açısında ST'ninkine eşdeğer hale gelmiştir. Bu sonuçlar, bir diz fleksiyon açısında

NHE gerçekleştirmenin BFlh kasının aktivitesini artıracakını göstermektedir. (Hirose ve ark.,2021). İzometrik bir kasılma sırasında hareket ettirilemeyen bir nesneye yönelik olarak bir kuvvetin uygulanması kasların uzunluğunu değiştirmeden bir gerginlik meydana gelmektedir (Bompa ve ark 2014). Statik bir kasılmadır kasın boyunda bir değişiklik olmaksızın geriminde artış vardır. Herhangi bir hareket söz konusu değildir (Demirel 2002). Bu kasılmada hareket ortaya çıkmamasına karşın kuvvet artışı meydana gelir (Erdinç 1993). Örneğin; bir kişi duvara doğru bir kuvvet uyguluyorsa kasın uzunluğu değişmese de bir gerilim meydana getirmektedir (Bompa ve ark 2014). Açısal ölçümleri değerlendirmede gonyometrik ölçüm objektif bir ölçüm aracı olarak normal eklem hareketlerinin (NEH) değerlendirilmesinde kullanılır. Bunun yanı sıra tedavi programına şekil vermek, fonksiyonel kapasiteyi belirlemek ve tedavinin etkinliğini saptamak amacıyla da kullanılabilir.

Gonyometre dayanıklı, basit, taşınması kolay ve hemen hemen tüm eklemlerde rahatlıkla kullanılabilen bir cihazdır. Gonyometrenin klinik, gravite, universal, elektronik ve grafik olmak üzere farklı çeşitleri bulunmaktadır(Otman ve ark.,2003). İki Yaralanma Önleme Egzersizi Sırasında Hamstring Kası Aktivasyonunun Analizi inceleyen başka bir çalışmada Nordic Curl ve Ball Leg Curl hareketleri karşılaştırılmıştır. Sagital düzlem diz açıları Visual3D'de elde edilmiştir ve bu denemede işlenen tüm veriler 20° hareket dönemleri içindeki analize dayanmıştır. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda eksantrik fazda ve diz açık açıları (> 60°) üzerinden yapılan egzersizler analiz edilmiştir. Sonuç olarak, her egzersiz 3 aşamaya bölünmüştür (faz 1, 60-40°; aşama 2, 40-20°; aşama 3, 20-0°), burada 0 tam olarak ekstansiyonlu diz eklemi olarak tanımlanmıştır.Nordic Curl sırasında hamstring kaslarının aktivasyonu artmıştır, diz açısının 60 ila 40°si arasında yüksek kalmıştır (>%70) ve ardından hareketin sonunda maksimal izometrik istemli kasılmanın %27'sine düşmüştür.(19)(Monajat ve ark., 2017). Yapılmış farklı bir çalışma da, alt bacak desteğinin eğiminin değiştirilmesiyle ve farklı kalça fleksiyon açıları varsayarak elde edilen Nordic hamstring egzersizinin (NHE) çeşitli varyasyonlarını sunmak ve biyomekanik olarak değerlendirmek amaçlanmıştır.Bu bağlamda, alt bacak desteğinin eğiminin 0°'den (standart NHE) 20° ve 40°'ye yükseltilmesi, katılımcıların egzersizi daha geniş bir hareket aralığında gerçekleştirmesini sağlarken, benzer tepe diz ve kalça torklarına ulaşmıştır. Kalça fleksiyonunun 0°'den

(standart NHE) 25°, 50° ve 75°'ye yükseltilmesi için talimatlar, katılımcılar kalça açısını 50° veya 75°'de tutamasa da diz ve kalça torkunun daha yüksek olmasına neden olmuştur(Sarabon N ve ark., 2019). Literatür incelendiğinde nordic curl egzersizini farklı açılarda izometrik kasılmasını inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Bu açıdan futbolculara farklı açılarda uygulanacak nordic hamstring egzersizi hamstring'in barındırdığı 4 kas üzerinde farklı kas aktivasyonlarını daha net ortaya çıkarabileceği ve alana katkı yapabilir.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

2.1 Genel Bilgiler

Nordic hamstring egzersizi, futbolcularda hamstring kaslarının güçlendirilmesi ve sakatlık riskinin azaltılması amacıyla sıkça kullanılan bir yöntemdir. Çeşitli çalışmalarda, farklı açılarda yapılan bu egzersizlerin izometrik kasılma esnasındaki kas aktivasyonu üzerine etkileri elektromiyografi (EMG) ile incelenmiştir (Özeriç, 2019).

2.1.1 Nordic Egzersizinin Tanımı ve Önemi

Nordic hamstring egzersizi, özellikle eksantrik dayanıklılığı artırmak için kullanılan bir egzersiz türüdür. Futbol gibi yüksek yoğunluklu sporlarda, hamstring kas grupları ani yön değişiklikleri, sprint ve topa vurma hareketleri sırasında sıkça kullanılır ve bu da yaralanma riskini artırır (Van Dyk et al., 2016). Nordic egzersizi, kas-tendon biriminin dayanıklılığını artırarak bu tür yaralanmaları önlemede etkili bir yöntem olarak öne çıkar.

Nordic egzersizi sırasında, diz eklemindeki fleksör kas grupları kontrollü bir şekilde uzama fazında çalışırken, bu durum kas içi adaptasyon süreçlerini tetikler. Bu adaptasyonlar, kasın optimal uzunluk-tansiyon ilişkisini geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda tendonun elastik özelliklerini artırarak yük taşıma kapasitesini yükseltir (Timmings et al., 2015).

Araştırmalar, Nordic egzersizinin yalnızca yaralanma önleme programlarında değil, performans artırıcı stratejilerde de etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, Al Attar ve arkadaşlarının (2017) meta-analiz çalışmasında, Nordic egzersizi yapan sporcuların yaralanma oranlarında %51’lik bir azalma tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Nordic egzersizinin düzenli antrenman programlarına dahil edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

2.1.2 Nordic Egzersizi Sırasında Kas Aktivasyonu

Nordic egzersizi, hamstring kaslarının çeşitli bölümlerinde yüksek düzeyde aktivasyon oluşturur. Bu aktivasyon, izometrik ve eksantrik kasılma fazlarında farklılık gösterir. Örneğin, semitendinosus kası eksantrik fazda daha yüksek bir aktivasyon sergilerken, biceps femoris uzun başı statik fazlarda daha baskın aktivite göstermektedir (Mendiguchia et al., 2013).

Hamstring kaslarının elektriksel aktivitesini ölçen EMG analizleri, Nordic egzersizinin fizyolojik etkilerini anlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmalar, Nordic egzersizi sırasında kasların özellikle 90°-120° diz fleksiyon açılarında maksimum aktivasyona ulaştığını göstermiştir. Bu durum, kas gruplarının biyomekanik yüklenme özelliklerini optimize etmek için önemli bilgiler sunmaktadır (Delahunt et al., 2015).

Ek olarak, Nordic egzersizi sırasında kasların eksantrik kasılma kapasitesini artırdığı ve kas lifi uzunluğunu iyileştirdiğı bilinmektedir. Uzun süreli adaptasyonlar sonucunda, kas-tendon biriminin daha yüksek gerilimlere dayanabildiğı ve bu durumun yaralanma riskini azalttığı belirtilmektedir (Schache et al., 2012).

2.1.3 Nordic Egzersizinin Farklı Aç ve Pozisyonlarda İncelenmesi

Nordic egzersizinin diz açısına göre etkileri, hamstring kaslarının farklı bölümlerinde değişiklik göstermektedir. Düşük açılarda (örneğin 60°-90°), semimembranosus ve semitendinosus kasları daha aktif olurken, daha geniş açılarda (örneğin 120°-150°), biceps femoris kası daha fazla yüklenir (Brughelli & Mendiguchia, 2010). Bu farklılıklar, bireysel antrenman hedeflerine uygun olarak egzersizlerin uyarlanmasına olanak sağlar.

Diz açısının yanı sıra, egzersiz sırasında uygulanan hız ve kontrol de kasların aktivasyon seviyesini etkiler. Yavaş ve kontrollü hareketlerde kas aktivasyonu daha dengeli bir şekilde dağılırken, hızlı eksantrik yüklenmeler sırasında kas lifi hasarı riski artabilir (Van Hooren & Bosch, 2017). Bu durum, Nordic egzersizinin kontrollü bir şekilde uygulanmasının önemini vurgular.

Ek olarak, egzersiz sırasında vücut stabilitesini artıran destekleyici cihazlar veya yardımcı ekipmanlar kullanıldığında, kas aktivasyon seviyelerinde değişiklikler meydana gelir. Bu tür cihazlar, özellikle rehabilitasyon süreçlerinde yaralanma riskini azaltmak ve egzersiz etkinliğini artırmak için kullanılabilir (Alonso-Fernandez et al., 2018).

2.1.4 Futbolcular İçin Nordic Egzersizinin Performans ve Yaralanma Üzerine Etkileri

Nordic hamstring egzersizi, futbolcular arasında sıkça karşılaşılan kas yaralanmalarını önlemek ve performansı artırmak amacıyla önerilen bir yöntemdir. Özellikle hamstring kas grupları, sprint, ani yön değiştirme ve topa vurma gibi futbolun temel hareketlerini gerçekleştiren kaslar arasında yer alır. Bu kas grupları yoğun yüklenme altında çalıştıkları için yaralanma riski taşır ve Nordic egzersizi bu riski azaltmada etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Al Attar et al., 2017).

Araştırmalar, Nordic egzersizinin hamstring kaslarının eksantrik kuvvetini artırarak kas-tendon biriminin dayanıklılığını geliştirdiğini göstermiştir. Van Dyk ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir meta-analizde, Nordic egzersizi içeren antrenman programlarının hamstring yaralanmalarını %51 oranında azalttığı belirtilmiştir. Bu azalma, eksantrik kuvvetin artışı ve kas liflerinin optimal uzunluk-tansiyon ilişkisine adaptasyonu ile ilişkilendirilmiştir.

Nordic egzersizi, sadece yaralanma önlemede değil, aynı zamanda performans artışında da önemli rol oynar. Özellikle sprint performansında gözle görülür iyileşmeler sağladığı bildirilmiştir. Timmins ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir çalışmada, Nordic egzersizi programlarına katılan sporcuların hamstring kas liflerinde hipertrofi, tendon dayanıklılığında artış ve maksimal sprint hızlarında iyileşmeler tespit edilmiştir. Bununla birlikte, hamstring ve kuadriseps kas grupları

arasındaki kuvvet oranının dengelenmesi, futbolcularda patlayıcı gücü artırarak performansın daha sürdürülebilir olmasını sağlamıştır (McCall et al., 2014).

Nordic egzersizinin performansa etkileri yalnızca fiziksel parametrelerle sınırlı değildir. Egzersiz, futbolcuların nöromüsküler kontrol mekanizmalarını da iyileştirir. Yapılan çalışmalarda, Nordic egzersizinin diz ve kalça stabilitesini artırdığı, böylece ani yön değiştirme ve dur-kalk hareketlerinde daha güvenli bir biyomekanik yapı sağladığı gösterilmiştir (Delahunt et al., 2015). Bu özellik, futbolcularda tekrar eden hamstring yaralanma riskini azaltmada önemli bir avantaj sunar.

Öte yandan, Nordic egzersizinin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken noktalar da vardır. Uygulama sırasında yanlış teknik kullanımı ya da aşırı yüklenme, kas yorgunluğuna ve hatta mikrotravmalara neden olabilir. Bu nedenle, egzersizlerin kademeli bir şekilde artırılarak uygulanması, futbolcuların bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanması gerekmektedir (Guex & Millet, 2013). Bu tür programların dikkatlice tasarlanması, hem performans artışını hem de yaralanma önlemeyi daha etkili hale getirir.

2.2 Nordic Egzersizinin İçine Dahil Olan Kas ve Eklemler

2.2.1 Nordic Egzersizinde Hamstring Kas Grubu

Nordic egzersizinde en önemli rolü üstlenen kas grubu hamstring kaslarıdır. Hamstringler, uyluğun arka kısmında bulunan biceps femoris, semitendinosus ve semimembranosus kaslarından oluşur. Bu kaslar, diz fleksiyonu ve kalça ekstansiyonu hareketlerinde kritik görevler üstlenir. Egzersiz sırasında hamstring kasları eksantrik kasılma modunda çalışır, yani kas lifleri gerilme sırasında kuvvet üretir. Bu durum, kasların gerilme toleransını artırır ve optimal uzunluk-tansiyon ilişkisini geliştirmesine olanak tanır (Timmins et al., 2016).

Biceps femoris, Nordic egzersizinde en yüksek aktivasyon seviyesine sahip olan kaslardan biridir. Bu kasın özellikle uzun başı, kalça ekstansiyonu sırasında aktif rol oynar ve eksantrik yüklenme sırasında kuvvet üretir. Bununla birlikte, kısa başı yalnızca diz fleksiyonuna katılır ve daha çok stabilize edici bir rol üstlenir. Semitendinosus kası, eksantrik fazda erken aktive olan bir diğer önemli hamstring kasıdır. Daha uzun lif yapısına sahip olması nedeniyle, yüksek dayanıklılık

gerektiren hareketlerde avantaj sağlar (Higashihara et al., 2015). Semimembranosus ise hamstring grubunun en derin kasıdır ve daha çok stabilizasyon işlevi görür. Özellikle Nordic egzersizinin kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesinde kritik bir destek sunar (Schache et al., 2012).

Hamstring kaslarının bu kompleks işlevi, Nordic egzersizinin neden hamstring yaralanmalarını önlemede etkili olduğunu açıklar. Eksantrik kuvvet üretiminin geliştirilmesi, bu kas gruplarının sprint, ani yön değiştirme ve topa vurma gibi yüksek hız gerektiren hareketler sırasında aşırı gerilmeye karşı daha dayanıklı olmasını sağlar.

2.2.2 Nordic Egzersizinde Kalça Kaslarının Rolü

Kalça kasları, Nordic egzersizi sırasında pelvis stabilitesini koruyarak hamstring kaslarına destek sağlar. Bu kaslar arasında en büyük ve güçlü olan gluteus maximus, kalça ekstansiyonu sırasında hamstringlerle sinerjik bir şekilde çalışır. Gluteus maximus, özellikle eksantrik fazda pelvisin nötr pozisyonda kalmasını sağlayarak hareketin doğru bir biomekanik yapı ile yapılmasına katkıda bulunur (Ward et al., 2009).

Gluteus medius ve gluteus minimus, pelvis stabilitesini koruyan diğer önemli kaslardır. Nordic egzersizi sırasında pelvisin dengesiz hareketlerini önler ve lateral stabilite sağlar. Bu özellik, hamstring kaslarının optimal uzunlukta çalışmasına olanak tanır ve yaralanma riskini azaltır. Ayrıca bu kaslar, Nordic egzersizinde yalnızca destekleyici değil, aynı zamanda hareketi optimize edici bir rol oynar (McGill et al., 2009).

2.2.3 Nordic Egzersizinde Diz Eklemi ve Çevresindeki Kaslar

Nordic egzersizinde diz eklemi, hareketin temel merkezi olarak işlev görür. Bu eklemden fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında, kaslar ve bağ yapıları arasındaki koordinasyon büyük önem taşır. Diz eklemine katılan en önemli kas gruplarından biri quadriceps femoris kas grubudur. Quadriceps, diz ekleminde antagonist bir rol oynar ve Nordic egzersizinde stabilizasyonu artırır. Özellikle vastus medialis ve vastus lateralis kasları, diz eklemine stabilitesini sağlamak için sinerjik bir şekilde çalışır (Kellis & Katis, 2007).

Nordic egzersizi sırasında dizin arkasında yer alan küçük bir kas olan popliteus, tibianın rotasyon kontrolünü sağlar ve diz stabilitesine katkıda bulunur. Aynı zamanda, anterior çapraz bağ (ACL) ve posterior çapraz bağ (PCL) gibi bağ yapıları, Nordic egzersizi sırasında diz eklemindeki gerilimi dengeler. Bu bağlar, diz fleksiyonu sırasında oluşan mekanik yükleri absorbe ederek eklem bütünlüğünü korur (Mesfar & Shirazi-Adl, 2005).

2.2.4 Nordic Egzersizinde Ayak Bileği ve Alt Bacak Kaslarının Katkısı

Ayak bileği stabilitesi, Nordic egzersizinin doğru bir şekilde uygulanması için kritik öneme sahiptir. Tibialis anterior kası, Nordic egzersizi sırasında ayak bileğini dorsifleksiyonda tutarak hareketin sabit kalmasını sağlar. Bu kas, aynı zamanda alt bacağın nötr pozisyonda kalmasına yardımcı olur. Gastrocnemius ve soleus gibi baldır kasları ise hareket boyunca ayak bileği ve diz ekleminin uyum içinde çalışmasını destekler (Seymore et al., 2017).

Bu kasların bir arada çalışması, Nordic egzersizi sırasında yüklenmenin eşit bir şekilde dağılmasını sağlar. Böylece hem alt bacak kaslarının dayanıklılığı artırılır hem de hareketin biomekanik bütünlüğü korunur (Alonso-Fernandez et al., 2018).

2.3 Nordic Egzersizinde Core Kaslarının Önemi

Nordic egzersizi sırasında gövde kasları, hareketin stabilitesini ve verimliliğini artırır. Özellikle rectus abdominis, obliques ve erector spinae gibi core kasları, vücudun üst kısmının nötr pozisyonda tutulmasını sağlar. Bu kaslar, gövde ve pelvis arasındaki stabiliteyi artırarak Nordic egzersizinin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır (McGill et al., 2009).

Core kaslarının bu stabiliteyi sağlaması, yalnızca egzersizin etkili bir şekilde uygulanmasını değil, aynı zamanda omurga yaralanmalarının önlenmesini de destekler. Nordic egzersizinde core kaslarının yetersiz aktivasyonu, pelvis ve gövde dengesinin bozulmasına neden olabilir. Bu durum, hamstring kaslarının aşırı yüklenmesine ve yaralanma riskinin artmasına yol açabilir.

2.4 Elektromiyografi (EMG)

Elektromiyografi (EMG), kasların elektriksel aktivitesini değerlendiren bir tanı yöntemidir ve genellikle iki farklı yöntemle uygulanır: iğne EMG ve yüzeysel EMG. İğne EMG, ince bir iğne elektrotun kasa yerleştirilmesiyle, kasların bireysel motor birimlerinin elektriksel aktivitesinin ölçülmesini sağlar. Bu yöntem, sinir-kas iletiminin ve kasların doğrudan incelenmesine olanak tanır. Yüzeysel EMG (sEMG) ise cilde yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla, daha geniş bir kas grubunun elektriksel aktivitesini kaydeder. Yüzeysel EMG genellikle invaziv olmadığı için ağrısızdır ve spor bilimleri, ergonomi, biyomekanik ve rehabilitasyon gibi alanlarda yaygın olarak tercih edilir. sEMG, kas aktivitesinin genel düzeyini ölçmek için ideal olsa da, derin kasların analizinde sınırlı kalabilir (Criswell, 2010).

EMG süreci, genellikle hastanın ayrıntılı bir klinik öyküsünün alınması ve fiziksel muayenesiyle başlar, ardından uygun yöntem seçilir. İğne EMG'de, steril bir iğne elektrot ilgili kasa yerleştirilir. Kasın dinlenme ve kasılma durumundaki elektriksel aktivitesi kaydedilir. Bu sırada, motor birim potansiyelleri ve patolojik dalgalar analiz edilir. Yüzeysel EMG'de ise cilde yapışkan elektrotlar yerleştirilir ve bu elektrotlar, kasın genel elektriksel aktivitesini algılayan bir amplifikatöre bağlanır. Her iki yöntemde de sinirlerin elektriksel uyarıya verdiği yanıt, bilgisayar sistemi ile analiz edilir ve değerlendirilir (Basmajian & De Luca, 1985).

EMG, özellikle sinir ve kas hastalıklarının tanısında kritik bir rol oynar. Radikülopati, amyotrofik lateral skleroz (ALS), karpal tünel sendromu, myopati gibi durumların yanı sıra, kas güçsüzlüğünün veya ağrının nörolojik mi yoksa kas kaynaklı mı olduğunu belirlemeye yardımcı olur. Bununla birlikte, test sonuçlarının doğru bir şekilde yorumlanması için deneyimli bir uzman tarafından değerlendirilmesi gereklidir. EMG'nin klinik uygulamaları; sinir-kas sisteminin yapısal ve fonksiyonel durumu hakkında ayrıntılı bilgi sunarak tanı ve tedavi süreçlerini destekler.

2.4.1 Elektromiyografi (EMG) Cihaz Kurulumu ve Yönetimi

Elektromiyografi (EMG) cihazının doğru bir şekilde kurulumu, hem ölçümlerin doğruluğu hem de güvenliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Kurulum sırasında cihazın elektriksel güvenlik kontrolleri yapılmalı ve bağlantıların uygun

şekilde sağlandığından emin olunmalıdır. EMG cihazları, genellikle bir bilgisayar sistemi, amplifikatör, sinyal işleme yazılımı, elektrotlar ve bir ekran ünitesinden oluşur. Yüzeysel EMG (sEMG) kullanıldığında, cilt yüzeyi temizlenir ve elektrotlar uygun kas gruplarının üzerine yerleştirilir. Elektrotların doğru yerleşimi, kas aktivitesinin hassas bir şekilde ölçülmesini sağlamak için gereklidir. İğne EMG'de steril iğne elektrotların kullanımı gerekir ve bu süreç, özellikle enfeksiyon riskini önlemek için sıkı sterilizasyon protokollerine uygun olarak gerçekleştirilir. Cihazın kalibrasyonu düzenli aralıklarla yapılmalı ve sinyal kalitesini artırmak için parazit kaynakları (örneğin çevresel elektriksel gürültü) minimize edilmelidir (Hermens et al., 2000).

2.4.2 Yüzeysel Elektromiyografinin Kullanımı

Yüzeysel EMG (sEMG), invaziv olmayan bir yöntem olması nedeniyle, araştırma ve klinik uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Spor bilimlerinde, kas aktivasyon seviyelerini ve dengesizliklerini analiz etmek için sEMG kullanılır. Rehabilitasyon süreçlerinde, özellikle fizik tedavi programlarının etkinliğini değerlendirmek ve hastaların ilerlemesini izlemek için sEMG önemli bir araçtır. Ergonomi alanında, çalışanların kas yorgunluğunu ve postürle ilişkili kas aktivasyonlarını analiz etmek için tercih edilir. Kullanım sırasında, cildin temizliği ve elektrotların doğru yerleşimi kritik öneme sahiptir. Ayrıca, ölçümler sırasında hareket artefaktlarının ve çevresel gürültünün engellenmesi için uygun bir ortam sağlanmalıdır. Yüzeysel EMG, belirli kas gruplarını izlemek için sınırlı olsa da, genel kas aktivitesini izlemek ve performans analizleri yapmak için son derece etkilidir (Criswell, 2010).

2.4.3 Elektrot Yerleşimi ve Önemi

Elektrot yerleşimi, EMG ölçümlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrudan etkileyen kritik bir unsurdur. Hem iğne EMG hem de yüzeysel EMG (sEMG) için doğru elektrot yerleşimi, kasların elektriksel aktivitesinin hassas bir şekilde algılanmasını sağlar. Yüzeysel EMG'de, elektrotlar cilde yapışkan bir yüzeye tutturulur ve hedef kasın üzerine yerleştirilir. Elektrotlar genellikle kas liflerine paralel olacak şekilde hizalanır, çünkü bu yerleşim sinyal kalitesini artırır ve artefakt oluşumunu en aza indirir. Ayrıca, elektrotlar arasındaki mesafenin (genellikle 1-2

cm) doğru bir şekilde ayarlanması gerekir; bu mesafe, ölçüm sırasında farklı kas gruplarından gelen sinyal karışıklığını önler (Hermens et al., 2000).

Cilt temizliği, yüzeysel EMG’de doğru sinyallerin elde edilmesi için önemlidir. Ölçüm yapılacak bölge, ciltteki yağ, kir ve terden arındırılmak için alkolle temizlenir. Tüylenme varsa, elektrotların daha iyi yapışmasını ve sinyalin net alınmasını sağlamak için bu bölge tıraş edilebilir. Elektrotların yerleştirilmesinde kullanılan referans noktaları, anatomi bilgisi gerektirir. Örneğin, biceps kasında yüzeysel EMG yapılacaksa, elektrotlar kasın göbeği boyunca yerleştirilir. Referans elektrot, genellikle hedef kas aktivitesinden etkilenmeyen bir bölgeye (örneğin kemik yüzeyine) yerleştirilir (Criswell, 2010).

2.4.4 Artefakt ve Parazit Önleme

Elektrot yerleşiminde, çevresel parazitlerin (örneğin elektriksel gürültü) önlenmesi için dikkat edilmelidir. Elektrotların gevşek olmaması, kabloların düzgün bir şekilde sabitlenmesi ve cihazın uygun şekilde topraklanması sinyal kalitesini artırır.

Elektrotların yanlış yerleştirilmesi, hem sinyalin zayıf algılanmasına hem de komşu kaslardan gelen sinyallerin karışmasına neden olabilir (Merletti & Parker, 2004).

BÖLÜM III

Gereç ve Yöntem

3.1. Denekler

Çalışmaya yaşları 21.5 ± 4.80 arasında değişen 10 sağlıklı erkek birey gönüllü olarak katılmıştır. Tüm bireyler ön ve arka squat hareketlerini düzgün şekilde yapabilmektedir. Deneklerin boy ve kiloları 171.5 ± 6.35 cm, 71.2 ± 6.35 kg olarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan deneklerin tümünün, ön ve arka squat hareketlerine antrenman programları içerisinde 1 yıldan fazla yer verdiği belirlenmiştir.

Deneklerin, squat hareketleri sırasında kabiliyetlerini engeleyecek herhangi bir hastalık ya da dizleriyle ilgili sakatlık geçmişlerinin bulunmamaktadır. Çalışma Helsinki Deklereasyonuna uygun şekilde hazırlanmıştır. Son olarak çalışmaya

katılacak tüm deneklere Yakın Doğu Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylanmış ve çalışmanın içeriği ile ilgili bilgi aktaran bir katılım formu imzalatılmıştır.

3.2. Veri Toplama Araçları

3.2.1. Antropometrik Ölçümler

Boy Ölçümü: Deneklerin boy ölçümleri için HR-200 (Tanita Corporation of America, Inc.).duvar aparatlı boy cetveli kullanılmıştır (Şekil 1.). Hata payını azaltmak için tüm antropometrik ölçümler aynı çalışmacı tarafından yapılmıştır.



Şekil 1. Tanita HR-200 duvar aparat boy cetveli

Vücut Ağırlığı Ölçümü: Vücut ağırlık ölçümleri için Tanita BC-418 (Tanita Corporation of America, Inc.). vücut kompozisyon analizörü kullanılmıştır (Şekil 3.2). Hata payını azaltmak için tüm antropometrik ölçümler aynı çalışmacı tarafından yapılmıştır.



Şekil 2. Tanita BC-418 vücut kompozisyon analizörü.

3.2.3 Maksimal İstemli İzometrik Kasılma Testi (Maximum Voluntary isometric Contraction Test)

Nordic Hamstring Egzersizi sırasında toplanan verinin normalizasyonu için, incelenecek her kas grubundan maksimal istemli kasılma (maximal voluntary isometric contraction), (MVIC) değerleri, Konrad (2005) tarafından geliştirilmiş prosedürlere uygun şekilde toplanmıştır. Veri işleme ve toplama basamakları için 8 kanallı dual-mod taşınabilir EMG ve fizyolojik sinyal veri aktarım sistemi (Myomonitor IV, Delsys Inc. Boston, MA, USA) ve EMG Works 3.5 (Delsys) yazılımı kullanılmıştır.

3.2.4. EMG

Nordic Hamstring Egzersizi sırasında oluşan elektrikselsel aktivitenin tespiti için 8 kanallı dual-mod taşınabilir EMG ve fizyolojik sinyal veri aktarım sistemi (Myomonitor IV, Delsys Inc. Boston, MA, USA) ve EMG Works Acquisition 4.0.5 (Delsys) yazılımı kullanılmıştır. EMG analiz sistemi aşağıdaki cihaz ve araçlardan oluşmaktadır.

1. Diz üstü bilgisayar (Dell, Vostro 3700)
2. Myomonitor IV ana ünite (Delsys Inc. Boston, MA, USA)
3. Input module (veri giriş modülü) (Delsys Inc. Boston, MA, USA)
4. 7 adet D.E 2.3 elektrot (Delsys Inc. Boston, MA, USA)

5. 1 adet referans elektrotu (Dermatode HE-R, American Imex., Irvine CA)
6. Docking module (adaptör bağlantı modülü)
7. Stylus (taş kalem)
8. D-Link WUA-1340 kablosuz G USB adaptör
9. (National Instruments USB-6501 Senkronizasyon kutusu, Delsys Inc. Boston, MA, USA).



Şekil 3. Deney düzeneğinde kullanılan EMG cihaz ve analiz sistemi.

3.2.5. Hareket Analizi

Deneklerin Nordic Hamstring Egzersizi sırasındaki görüntüleri AMCap (Microsoft, V 3.0.9) görüntü kayıt programı kullanılarak kaydedilmiş, 2 boyutlu analizi için SaSuite 2-D hareket analizi programı (yazılımı) (Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri ve Teknolojisi, Biyomekanik Araştırma Grubu) kullanılmıştır. Hareket analizi sistemi aşağıdaki cihaz ve araçlardan oluşmaktadır.

1. 1 adet video kamera (Samsung VP-D375W)
2. Firewire bağlantı kablosu
3. (National Instruments USB-6501 Senkronizasyon kutusu, Delsys Inc. Boston, MA, USA).
4. Kalibrasyon kafesi (ölçümleme düzlemi)

5. Eklemlere ve bara yerleştirilen yansıtıcı işaretler
6. Diz üstü bilgisayar (Dell, Vostro 3700)



Şekil 4. Deney düzeneğinde kullanılan hareket analizi sistemi (SaSuite).

3.3. Verilerin Toplanması

3.3.1 Çalışma Planı

Çalışmaya katılan sağlıklı bireyler çalışma ile ilgili bilgilendirilerek, bireylere çalışmaya katılmaya gönüllü olduklarına dair “Aydınlatılmış Onam Formu” (Ek-2) imzalatılmıştır.

Çalışmaya katılmayı kabul eden tüm katılımcıların yaş, cinsiyet, dominant ekstremit, herhangi bir yaralanma geçirip geçirmediği, özgeçmiş ve soygeçmiş bilgileri kaydedilmiştir.

Katılımcıların demografik bilgileri alınmıştır. Katılımcılar, test gününden önceki ayrı bir günde tam protokol hakkında bilgilendirilmiş ve Nordic Hamstring Egzersizi için doğru formda uygulamaları sağlanmıştır.

Çalışma iki seans olarak planlanmıştır. İlk seansta katılımcıların belirtilen kas gruplarında Nordic Hamstring Egzersizinin normalizasyonunda kullanılmak üzere maksimum istemli kasılmaları ölçülmüştür. Bu ölçümden 48 saat sonra katılımcılar tekrar çağrılarak Nordic Hamstring Egzersizi test edilmiştir.

Test gününde katılımcılar dağınık bir şekilde çağrılmıştır. Katılımcılardan Nordic Hamstring Egzersizi için 3 başarılı tekrar yapmaları istenmiş ve her tekrar arasında 60 sn dinlenme verilmiştir.

3.3.2. Maksimum İstemli İzometrik Kasılma

İlk seans , deneklerin veri toplama işlemi için düzenlenmiştir. Veri işleme ve toplama basamakları için 8 kanallı dual-mod taşınabilir EMG ve fizyolojik sinyal veri aktarım sistemi (Myomonitor IV, Delsys Inc. Boston, MA, USA) ve EMG Works Acquisition 4.0.5 (Delsys) yazılımı kullanılmış, veriler EMG amplitüdü root mean square metodu (RMS 1-s kayan aralığı) kullanılarak 3 saniyelik üç tekrar sonunda sırasıyla her kas grubundan ve belli bir düzende toplanmıştır. Her tekrar sonunda deneklere dinlenmeleri için 1 dk süre tanınmıştır. Toplanan veriler Nordic Hamstring Egzersizi sırasında toplanan verinin normalizasyonunda kullanılmıştır.

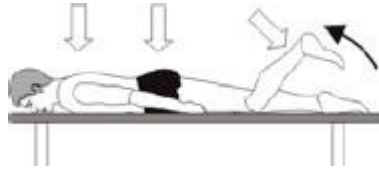
Tablo 1.

Çalışmanın yaptığı kaslarda MİK toplama pozisyonları.

Kas Grubu	Egzersiz	Açıklama
Quadriceps		Denek, diz ekleminde 90°'lik fleksiyon ile oturur vaziyettedir. Tek ayağını kullanarak kaldıramayacağı bir yüke karşı ekstansiyon yapmaya çalışır.

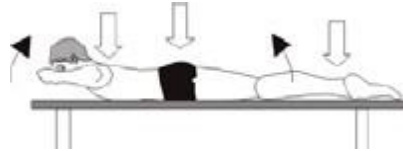
Calf

Denek, sehpa üzerinde oturur vaziyettedir. Ayak parmak ucundan kendini sehpaye doğru itmeye çalışır.

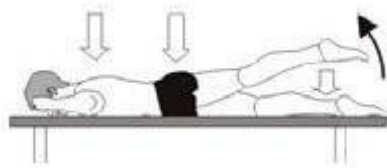
Hamstring

Denek, yüz üstü yatık vaziyette ve kalça sehpaye sabit şekildedir.

Kaldıramayacağı bir yüke karşı tektaraflı 20-30°'lik bir fleksiyon yapmaya çalışır.

Erector Spinae

Denek, yüz üstü yatık vaziyette ve elleri başının arkasında ayaklar sehpaye sabitlenmiştir. Denek manuel bir kuvvet karşısında yukarıya uzanmaya çalışır.

Gluteus Maximus

Denek, yüz üstü yatık vaziyette ve kalça sehpaye sabit şekilde ve bacaklar hafif dışa dönüktür. Manuel bir yük karşısında ayağın 20°'lik hiper

ekstansiyon pozisyonunu yakalaması gereklidir.

3.3.4 EMG

Nordic hareketine başlamadan önce, elektrotların yerleştirileceği yerler jiletlenmiş, zımparalanmış ve alkolle temizlenerek elektrot yerleşimi için uygun hale getirilmiştir. Elektromiyografik aktivitenin tespiti için, 8 kanallı dual-mod taşınabilir EMG ve fizyolojik sinyal veri aktarım sistemi (Myomonitor IV, Delsys Inc. Boston, MA, USA) ve EMG Works Acquisition 4.0.5 (Delsys) yazılımı kullanılmış, deneklerin sağ bacaklarında test edilecek her kasa Gullet ve diğerleri (2009) (Tablo3.1) tarafından geliştirilmiş prosedüre uygun olarak yüzeysel elektrotlar (41 x 20 x 5 mm, yüzeysel EMG elektrot, sensor tipi D.E 2.3, Delsys Inc., Boston MA ve 1 x 10 mm 99.9% Ag iletken) yerleştirilmiştir. Amplifikatör bant genişliği 20 ile 450 Hz arasında, giriş voltajı 0.7A'da 9 VDC ve CMMR 80 dB olarak ayarlanmıştır. Data kaydı 1000 Hz kayıt aralığında, lokal kablosuz ağ yardımı ile ana bilgisayara gerecek zamanlı olarak aktarılmış ve kayıt edilmiştir

Tablo 2.

Çalışmanın yapılacağı kaslarda elektrot yerleşimi.

Kas	Elektrot Yeri
Rectus Femoris	Uyluğun, anterior kısmında,yaklaşık olarak anterior inferior illiac spine ve patella'nın ortası.
Erector Spinae	L3 spinosus çıkıntısının üç cm lateralinde.

Gluteus Maximus	Sacral vertebra ve greater trochanter arasındaki çizginin % 50 üstünde.
Biceps Femoris	Kalçanın posterior kısmında bulunan ischial tuberosity ve femurun lateral condyle kısmına yarı mesafede.
Gastrocnemius	Kasın lateral başı için fibula ile topuk kemiği arasındaki hattın üst üçte birlik kısmının ortasında, medial başı için ise medial femoral kondil ile topuk kemiği arasındaki hattın üst üçte birlik kısmının ortası
Semitendinosus	Kalçanın posterior kısmında bulunan ischial tuberosity ve femurun medial condyle kısmına yarı mesafede

3.3.4.1 Elektrotların Yerleşimi SENIAM

SENIAM, yüzey elektromyografisi (sEMG) ile kas aktivitesinin güvenilir ve standardize bir şekilde ölçülmesini sağlamak amacıyla oluşturulmuş uluslararası bir araştırma projesidir. Avrupa Birliği tarafından desteklenen bu proje, kasların elektriksel sinyallerinin yüzey elektrotları aracılığıyla doğru bir şekilde kaydedilmesi için elektrot yerleşimi, sinyal işleme ve veri analizine yönelik rehberler geliştirmiştir.

SENIAM projesi, elektrot yerleşimi konusunda spesifik öneriler sunarak farklı kas gruplarında doğru veri alınmasını sağlamayı hedefler. Kas lifleri boyunca elektrotların konumlandırılması, uygun elektrot boyutlarının belirlenmesi ve sinyal gürültüsünü en aza indirmek için gereken adımları içerir. Bunun yanı sıra, sEMG ölçümlerinde güvenilir sonuçlar elde etmek için cilt hazırlığı, elektrotlar arası mesafe ve referans elektrot kullanımı gibi önemli faktörler üzerine de öneriler sunmaktadır.

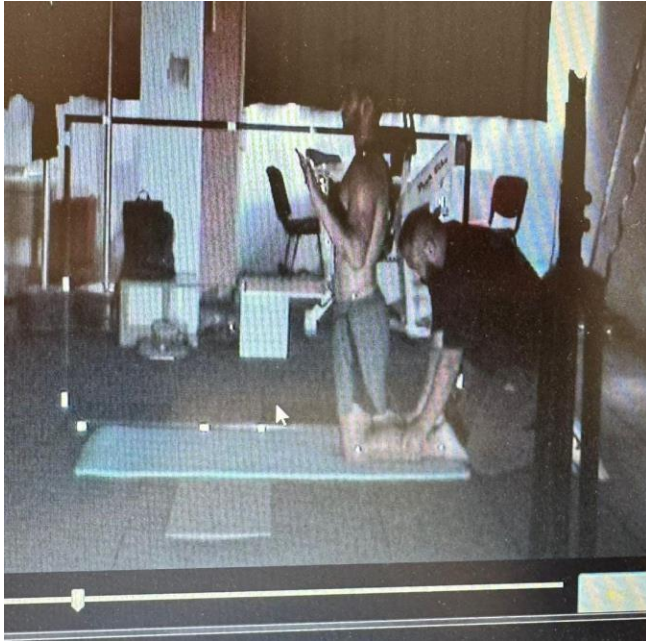
Kaynak: SENIAM. (n.d.). Leg Muscles. Erişim adresi:

https://seniam.org/leg_location.htm

3.3.3. Hareket Analizi

Hareket analizi için, Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri ve Teknolojisi, Biyomekanik Araştırma grubu tarafından geliştirilmiş, biyomekanik araştırmalarda 2 boyutlu hareket analizi yapmak için tasarlanmış birbirinden bağımsız çalışabilen ve 3 adet programdan (saTrim, saDigitize ve saTransform) oluşan saSuite yazılım programları kullanılmıştır.

Katılımcıların Nordic Hamstring görüntüleri kaydedilmeden önce vücudun önceden belirlenen anatomik noktalarına 4 adet 3 cm çapında yansıtıcı işaretler yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu noktalar eklem açılarının hesaplanmasında kullanılmıştır.



Şekil 5. Anatomik Noktalara Yerleştirilen İşaretler

Tablo 3.

Deneklerin üzerine yerleştirilen yansıtıcı işaretlerin yerleri ve tanımlamaları.

Anatomik Noktalar	Tanımlama
Sol ayak bileği	Lateral malleole
Sol diz eklemi	Fibula başına
Sol kalça eklemi	Femurun büyük trokanterine
Sol omuz eklemi	Akromiyon çıkıntısına

3.4. Verilerin Analizi

3.4.1 EMG Verisinin Analizi

Kas aktivitesini belirlemek amacıyla, 8 kanallı çift modlu taşınabilir bir EMG ve fizyolojik sinyal veri aktarım sistemi olan Myomonitor IV (Delsys Inc. Boston, MA, USA) kullanılarak veri toplanmıştır. EMG Works Acquisition 4.0.5 (Delsys Inc. Boston, MA, USA) yazılımı aracılığıyla kaydedilen veriler, EMG Works Analysis 4.0 yazılımı ile analiz edilmiştir. Tüm analiz işlemleri, Uluslararası Elektrofizyoloji ve Kineziyoloji Derneği (ISEK) standartlarına uygun olarak yürütülmüştür (Merletti, 1999).

3.4.1.1 Kesit Alma (Subset)

Kesit alma işlemi, elde edilen veriler içinden analiz için gerekli bölümlerin ayrıştırılmasını kapsar. Kinematik veri analizi için kaydedilen görüntüler temel alınarak hareketin başlangıç ve bitiş zamanları belirlenmiştir. Hareketin başlangıcı ile veri kaydının başlangıcı arasındaki fark hesaplanarak analiz başlangıç noktası tespit edilmiştir. Benzer şekilde, hareketin sona erme zamanı da belirlenerek analiz edilecek verinin son noktası hesaplanmış ve gerekli veriler ayrıştırılmıştır.

3.4.1.2 Filtreleme

Kesit alma işlemi tamamlandıktan sonra, ham verilerin filtrelenmesi sürecine geçilmiştir. Filtreleme işlemi için İkinci Dereceden Butterworth filtresi kullanılmış

olup, bant genişliği Passband: 3, Response: Band pass, Corner F1: 10Hz, Corner F2: 500Hz olarak belirlenmiştir.

3.4.1.3 Rektifikasyon (Tam Dalga Rektifikasyonu)

Seçilen veri, negatif işaretleri pozitif hale getirmek ve dalga akımı doğru akıma dönüştürmek amacıyla rektifiye edilmiştir. Bu işlem, sinyalin tamamının mutlak değerinin alınması yoluyla gerçekleştirilmiştir (Tam Dalga Rektifikasyonu) (Gerleman ve Cook, 1992; Soderber ve Cook, 1984).

3.4.1.4 İntegrasyon (Lineer Zarf)

İntegrasyon işlemi, verilerin ortalamasını almayı içermektedir. EMG verisinin tamamının değerlendirilmesi amacıyla lineer zarf yöntemi uygulanmış ve bu işlemde Root Mean Square (Window Length: 0.100, Window Overlap: 0.08, Remove Offset) yöntemi tercih edilmiştir.

3.4.1.5 Normalizasyon

Referans olarak normalize edilmiş maksimal istemli kasılma değerleri temel alınmıştır. Bu bağlamda, ölçülen kas aktivitesi, o kasın maksimal istemli kasılma kapasitesinin yüzdesi olarak hesaplanmıştır (LeVeau ve Andersson, 1992).

3.4.1.6 Görüntüleme

Normalize edilen ham veriler, EMG Works Acquisition 4.0.5 (Delsys Inc. Boston, MA, USA) yazılımı üzerinden alınarak Microsoft Excel programına aktarılmıştır.

3.4.2 Kinematik Verisinin Analizi

Bu bölümde, arka ve ön squat hareketleri sırasında elde edilen kinematik verilerin işlenmesi ve takip edilen adımlar sunulmuştur.

3.4.2.1 Görüntü Kaydı

Deneklerin arka ve ön squat hareketleri, elektronik olarak senkronize edilmiş bir video kamera (Samsung VP-D375W) ile kaydedilmiştir. Hareket analizi için kullanılacak görüntüler belirlenmiş, kamera squat hareketlerinin yapıldığı eksenin

sağ tarafına konumlandırılmıştır. Kaydedilen görüntüler, firewire kablo yardımıyla eş zamanlı olarak AMCap (Microsoft, V 3.0.9) yazılımına aktarılmıştır.

3.4.2.2 Görüntülerin EMG Verisi ile Senkronizasyonu

Görüntülerin EMG verisi ile senkronizasyonu amacıyla National Instruments USB-6501 (Delsys Inc., Boston, MA) senkronizasyon kutusu kullanılmıştır.

Senkronizasyon kutusu, dizüstü bilgisayardaki program ile eşleştirilmiş olup, verilerin toplanmaya başladığını belirlemek amacıyla bir LED ampul senkronizasyon kutusuna bağlanmıştır. Ampul, kamera lensine monte edilerek EMG verisinin hareketin hangi zaman diliminde başladığı tespit edilmiştir.

3.4.2.3 Görüntülerin Makaslanması (SaTrim)

EMG verisi ile senkronize edilen görüntüler, SaTrim programı kullanılarak ayıklanmış ve arka ile ön squat hareketlerinin başlangıç ve bitiş zamanlarını içeren yeni bir video dosyası oluşturulmuştur. Aynı süreç kalibrasyon kafesi görüntüleri için de uygulanmıştır.

3.4.2.4 Sayısallaştırma (SaDigitize)

Sayısallaştırma işlemi öncesinde, belirlenen dört antropometrik noktayı (bilek, diz, kalça, omuz) içeren bir metin dosyası (points.txt) oluşturulmuştur. SaDigitize programı aracılığıyla, bu antropometrik noktalar koordinatlara çevrilerek tüm video görüntülerindeki noktaların ve barın sayısallaştırılması tamamlanmıştır.

3.4.2.5 Dönüştürme (SaTransform)

Dönüştürme işlemi için, gerçek dünya koordinatları ile görüntü koordinatları arasındaki ilişkiyi sağlayan 8 referans noktasının koordinatları bir metin dosyasına (calibs.txt) kaydedilmiştir (Tablo 3.3). Sayısallaştırılan noktalar üzerinden yapılan hesaplamalar sonucu, resim koordinatları gerçek dünya koordinatlarına çevrilmiş ve elde edilen veriler Microsoft Excel formatında kaydedilmiştir.



Şekil 6.Kalibrasyon Kafesi

3.4.2.6 Filtreleme ve Görüntüleme

Vücut üzerindeki antropometrik noktaların ve barın iki boyutlu konum verileri Microsoft Excel kullanılarak hesaplanmış, diz ve kalça açılarına ait kinematik veriler elde edilmiştir. Verilerin normalizasyonu için düşük geçişli süzgeç yöntemi uygulanmış ve kayan ortalama filtresi kullanılmıştır. Bu filtreleme sayesinde, sayısallaştırma sırasında oluşabilecek hatalar giderilmiş ve gerçek hareket doğasına uymayan yüksek frekanslı veriler elimine edilmiştir. Son olarak, normalize edilen veriler GraphPad Prism (V5.00, GraphPad Software, Inc) yazılımı kullanılarak grafiklere dönüştürülmüştür.

BÖLÜM IV

4. Bulgular

4.1. Verilerin İstatistiksel Analizi

Araştırma verilerinin istatistiksel analizleri için Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 27.0 yazılımı kullanılmıştır.

Araştırma kapsamındaki futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum gibi tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin normal dağılıma uyma durumu Shapiro-Wilk testiyle incelenmiş ve verilerin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Bu bağlamda araştırmada parametrik olmayan (nonparametrik) hipotez testleri kullanılmıştır. Futbolcuların kaslara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi uygulanmıştır. Benzer şekilde Futbolcuların fazlara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin karşılaştırılmasında Friedman testi kullanılmıştır. Araştırma kapsamına alınan futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri arasındaki korelasyonların belirlenmesinde ve izometrik kasılma esnasındaki kas ve diz açısı EMG verileri arasındaki korelasyonlar için Spearman testi uygulanmıştır.

Araştırma verilerinin istatistiksel analizleri için Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 27.0 yazılımı kullanılmıştır.

Araştırma kapsamındaki futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum gibi tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin normal dağılıma uyma durumu Shapiro-Wilk testiyle incelenmiş ve verilerin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Bu bağlamda araştırmada parametrik olmayan (nonparametrik) hipotez testleri kullanılmıştır. Futbolcuların kaslara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi uygulanmıştır. Benzer şekilde Futbolcuların fazlara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin karşılaştırılmasında Friedman testi kullanılmıştır. Araştırma kapsamına alınan futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri arasındaki korelasyonların belirlenmesinde ve izometrik kasılma esnasındaki kas ve diz açısı EMG verileri arasındaki korelasyonlar için Spearman testi uygulanmıştır.

Tablo 4.

Nordic Hareketi Esnasında Harekete Katılan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verileri

Ortalama	N	$\bar{x}$	s	Min	Max
Biceps femoris	10	37,13	13,34	26,04	72,21
Semitendinosus	10	41,21	15,41	22,50	69,34
Gluteus maximus	10	3,40	4,24	0,98	14,75
Erector Spinae	10	24,31	17,26	11,31	70,19
Rectus femoris	10	2,20	1,23	0,66	4,73
Gasrocnemius lateral	10	19,83	5,61	11,84	28,77
Gasrocnemius medial	10	22,55	12,40	3,87	40,10

Tablo 4’te araştırma kapsamındaki Nordic Hareketi Esnasında Harekete Katılan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verileri için tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Tablo 4. incelendiğinde, futbolcuların Biceps femoris kası için EMG değeri ortalamasının $37,13 \pm 13,34$, Semitendinosus için $41,21 \pm 15,41$, Gluteus maximus için $3,40 \pm 4,24$, Erector Spinae için $24,31 \pm 17,26$, Rectus femoris için $2,20 \pm 1,23$, Gasrocnemius lateral için $19,83 \pm 5,61$ ve Gasrocnemius medial için $22,55 \pm 12,40$ olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.

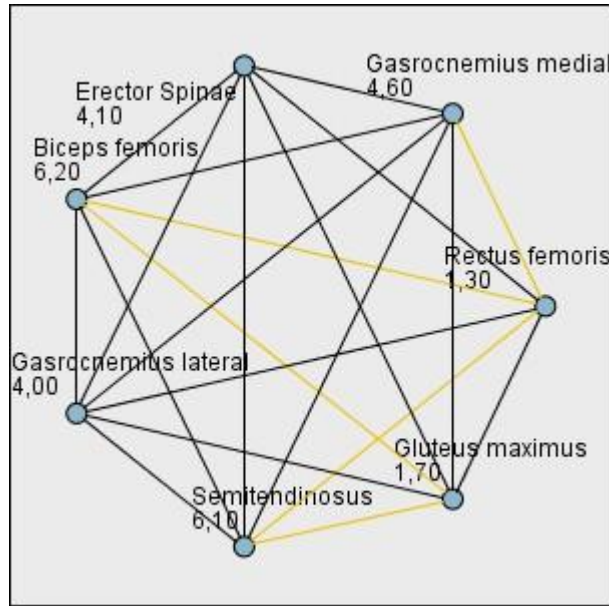
Nordic Hareketi Esnasında Harekete Katılan Kaslarının Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verilerinin Kaslar Arası Karşılaştırılması.

Ortalama	n	$\bar{x}$	s	S.O.	X^2	p	Fark
Biceps femoris ¹	10	37,13	13,34	6,20			1-3
Semitendinosus ²	10	41,21	15,41	6,10			2-3
Gluteus maximus ³	10	3,40	4,24	1,70			1-5
Erector Spinae ⁴	10	24,31	17,26	4,10	47,571	0,000*	2-5
Rectus femoris ⁵	10	2,20	1,23	1,30			5-7
Gasrocnemius lateral ⁶	10	19,83	5,61	4,00			
Gasrocnemius medial ⁷	10	22,55	12,40	4,60			

* $p < 0,05$

Tablo 5.'e Nordic hareketi esnasında harekete katılan kaslarının maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG Verilerinin Kaslar Arası Karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 5. incelendiğinde araştırma kapsamına alınan futbolcuların kaslara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Futbolcuların Biceps femoris ve Semitendinosus kaslarına ait EMG değerlerinin Gluteus maximus ve Rectus femoris kaslarına ait EMG değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca futbolcuların Gasrocnemius medial kaslarına ait EMG değerlerinin Rectus femoris kaslarına ait EMG değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 7. Futbolcuların Kaslara göre İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması (Ortalama)

Tablo 6.

Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalaması

Maksimum	N	$\bar{x}$	s	Min	Max
Biceps femoris	10	87,46	60,09	46,76	248,00
Semitendinosus	10	78,97	29,48	35,23	120,58
Gluteus maximus	10	5,92	6,86	1,55	24,15
Erector Spinae	10	39,00	11,66	20,37	57,65
Rectus femoris	10	7,50	7,50	1,42	25,31
Gasrocneimius lateral	10	44,29	13,37	26,10	64,77
Gasrocneimius medial	10	45,11	21,30	13,23	78,77

Tablo 6.'da araştırmanın örnekleme dahil edilen Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalaması için tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir.

Tablo 6. incelendiğinde, araştırma kapsamına alınan futbolcuların Biceps femoris kası için EMG değeri ortalamasının $87,46 \pm 60,09$, Semitendinosus için $78,97 \pm 29,48$, Gluteus maximus için $5,92 \pm 6,86$, Erector Spinae için $39,0 \pm 11,66$,

Rectus femoris için $7,50 \pm 7,50$, Gasrocnemius lateral için $44,29 \pm 13,37$ ve Gasrocnemius medial için $45,11 \pm 21,30$ olduğu saptanmıştır.

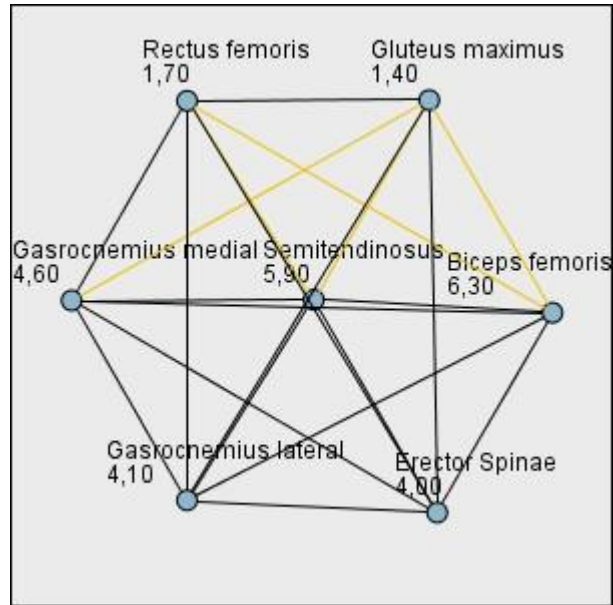
Tablo 7.

Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamalarının Kaslar Arası Karşılaştırılması

Maksimum	n	$\bar{x}$	s	S.O.	X²	p	Fark
Biceps femoris	10	87,46	60,09	6,30			1-3
Semitendinosus	10	78,97	29,48	5,90			2-3
Gluteus maximus	10	5,92	6,86	1,40			1-5
Erector Spinae	10	39,00	11,66	4,00	45,686	0,000	2-5
Rectus femoris	10	7,50	7,50	1,70			5-7
Gasrocnemius lateral	10	44,29	13,37	4,10			
Gasrocnemius medial	10	45,11	21,30	4,60			

Araştırma kapsamına dahil edilen futbolcuların Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamalarının Kaslar Arası Karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi sonuçları Tablo 7.'de verilmiştir.

Tablo 7. incelendiğinde araştırma kapsamına alınan futbolcuların kaslara göre izometrik kasılma esnasındaki EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Futbolcuların Biceps femoris ve Semitendinosus kaslarına ait EMG değerlerinin Gluteus maximus ve Rectus femoris kaslarına ait EMG değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca futbolcuların Gasrocnemius medial kaslarına ait EMG değerlerinin Rectus femoris kaslarına ait EMG değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 8. Futbolcuların Kaslara göre İzometrik Kasılma Esnasındaki EMG Verilerinin Karşılaştırılması (Maksimum)

Tablo 8.

Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Diz Açısı Ortalama Verileri

Diz açısı	n	$\bar{x}$	s	Min	Max
Biceps femoris	10	107,80	17,24	69,24	127,51
Semitendinosus	10	102,22	29,35	35,97	127,51
Gluteus maximus	10	104,04	15,82	69,40	126,76
Erector Spinae	10	106,25	16,64	70,05	128,13
Rectus femoris	10	102,13	23,60	67,06	144,62
Gasrocnemius lateral	10	112,77	18,80	67,81	132,63
Gasrocnemius medial	10	110,74	17,40	68,81	128,13

Tablo 8.'de araştırmanın örnekleme dahil edilen Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Diz Açısı Ortalama Verileri için tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir.

Tablo 8. incelendiğinde, araştırma kapsamına alınan futbolcuların Biceps femoris kası için diz açısı EMG değeri ortalamasının $107,80 \pm 17,24$, Semitendinosus için $102,22 \pm 29,35$, Gluteus maximus için $104,04 \pm 15,82$, Erector Spinae için

106,25±16,64, Rectus femoris için 102,13±23,60, Gasrocnemius lateral için 112,77±18,80 ve Gasrocnemius medial için 110,74±17,40 olduğu tespit edilmiştir.

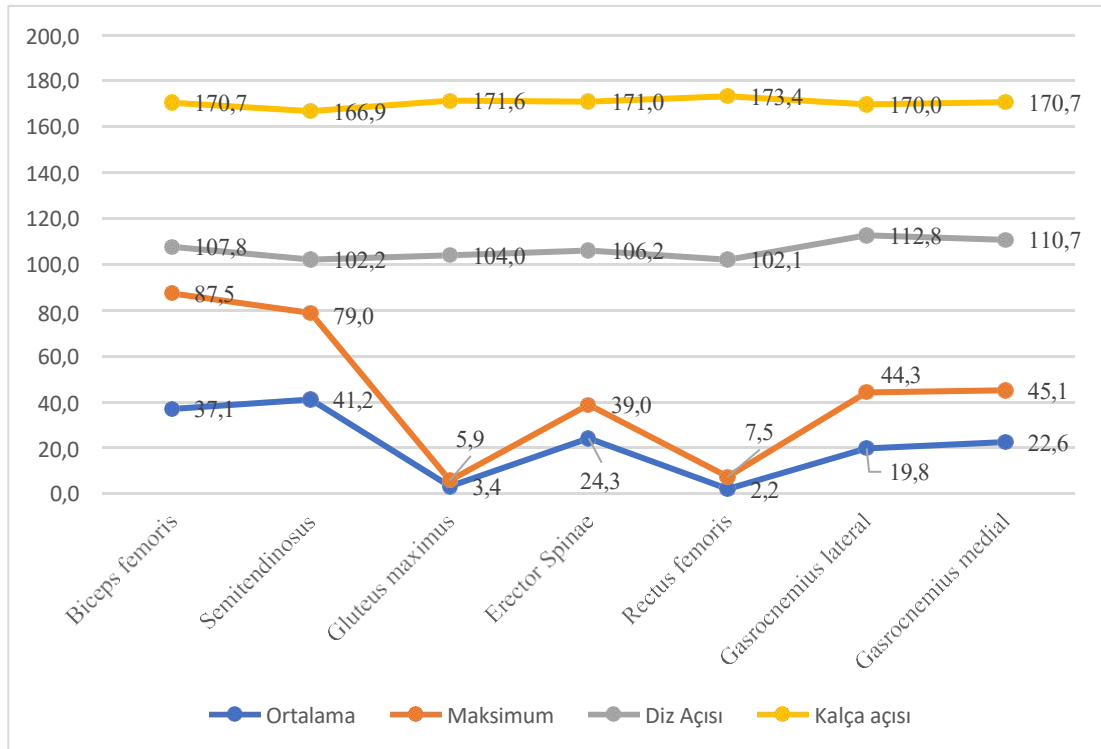
Tablo 9.

Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Katılımcılar Arası Ortalamasının Ortalama Kalça Açısı Verileri

Kalça açısı	n	$\bar{x}$	s	Min	Max
Biceps femoris	10	170,66	5,13	162,27	179,41
Semitendinosus	10	166,90	10,40	144,94	176,34
Gluteus maximus	10	171,57	5,44	162,72	179,66
Erector Spinae	10	171,02	3,71	165,61	176,86
Rectus femoris	10	173,41	5,33	163,18	179,66
Gasrocnemius lateral	10	169,99	7,61	154,78	179,66
Gasrocnemius medial	10	170,71	6,12	161,92	179,66

Araştırmadaki futbolcuların Nordic Hareketi Esnasında Harekete Dahil Olan Kasların Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Katılımcılar Arası Ortalamasının Ortalama Kalça Açısı Verileri için tanımlayıcı istatistikler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. incelendiğinde, araştırma kapsamına alınan futbolcuların Biceps femoris kası için kalça açısı EMG değeri ortalamasının 170,66±5,13, Semitendinosus için 166,90±10,40, Gluteus maximus için 171,57±5,44, Erector Spinae için 171,02±3,71, Rectus femoris için 173,41±5,33, Gasrocnemius lateral için 169,99±7,61 ve Gasrocnemius medial için 170,71±6,12 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9. Nordic Hareketi Esnasında Kalça ve Diz Açısına Göre Kaslara Ait Ortalama ve Maksimum EMG Verileri

Tablo 4.

Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli, İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verilerinin Fazlar Arası Karşılaştırılması

	Faz 1		Faz 2		Faz 3		X ²	p	Fark
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	s			
Biceps femoris	28,5	14,2	39,2	16,4	41,0	10,1	7,800	0,020	1-2, 1-3
	9	3	3	5	4	2			
Semitendinosus	35,4	19,7	44,7	18,9	48,4	18,8	7,400	0,025	1-2, 1-3
	4	8	1	7	4	6			
Gluteus maximus	3,23	4,14	3,73	4,80	3,28	3,55	2,600	0,273	
Erector Spinae	18,1	10,3	23,0	10,5	22,3		5,000	0,082	
	2	7	2	1	7	8,84			
Erector Spinae	2,45	2,28	1,97	1,00	2,71	2,12	2,600	0,273	
Gasrocnemius	14,1		24,0		25,9		9,800	0,007	1-2, 1-3
lateral	4	5,02	2	9,40	9	9,37			
Gasrocnemius	16,6		26,5	16,4	28,2	12,3	15,00	0,001	1-2, 1-3
medial	5	9,59	9	2	7	4	0	*	

* $p < 0,05$

Tablo 10’da araştırma kapsamındaki futbolcuların fazlara Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Ortalama EMG Verilerinin Fazlar Arası Karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 10. incelendiğinde katılımcıların fazlara göre Biceps femoris, Semitendinosus, Gasrocnemius lateral ve Gasrocnemius medial kaslarına ilişkin EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Faz 1’de ölçülen göre Biceps femoris, Semitendinosus, Gasrocnemius lateral ve Gasrocnemius medial kasların ait EMG verileri, Faz 2 ve Faz 3’te ölçülen değerlere göre daha düşüktür.

Araştırma kapsamındaki katılımcıların fazlara göre Gluteus maximus, Erector Spinae ve Erector Spinae kaslarına ilişkin EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Tablo 11.

Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Ortalama Diz ve Kalça Açısı Verilerine Göre Fazlar Arası Karşılaştırılması

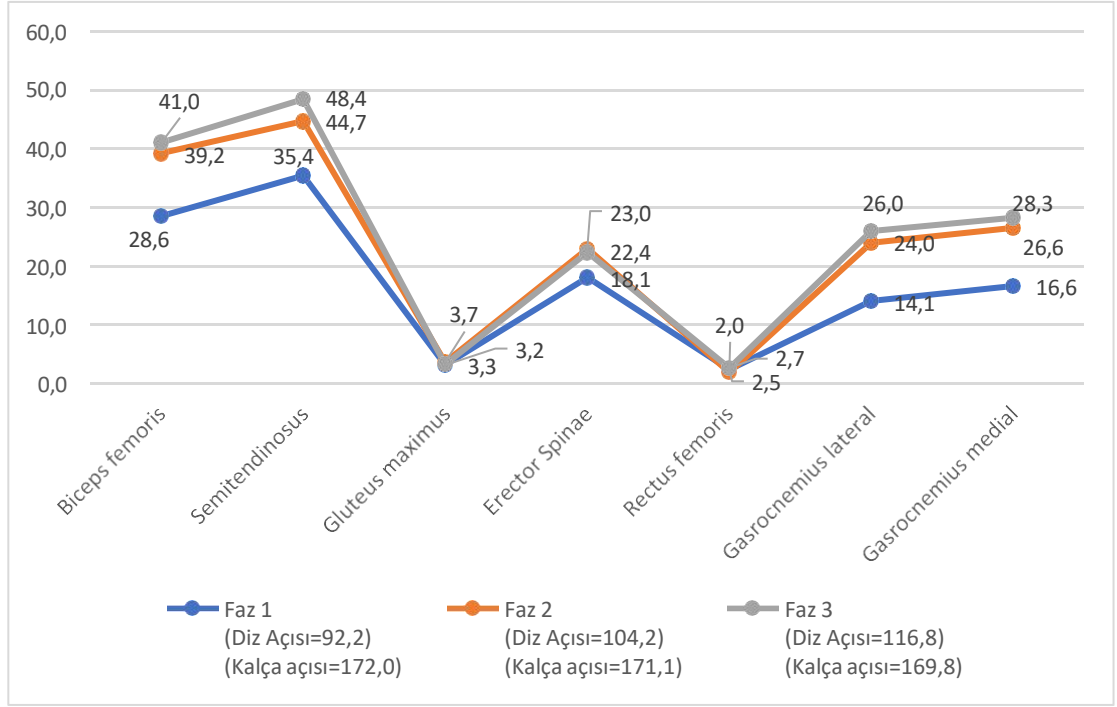
	Faz 1		Faz 2		Faz 3		X ²	p	Fark
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
Diz açısı	92,24	9,76	104,15	13,77	116,76	18,57	16,200	0,000*	1-2,1-3
Kalça açısı	172,05	3,91	171,12	5,04	169,84	7,70	0,000	1,000	

* $p<0,05$

Tablo 11.’de araştırmaya dahil edilen futbolcuların Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli İzometrik Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının Ortalama Diz ve Kalça Açısı Verilerine Göre Fazlar Arası Karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 11. incelendiğinde, futbolcuların fazlara göre izometrik kasılma esnasındaki diz açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Futbolcuların Faz 1’de ölçülen diz açısı değerleri Faz 2 ve Faz 3’e göre daha düşüktür.

Araştırma kapsamına alınan futbolcuların kalça açısı değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 10. Nordic Hareketi Esnasında Maksimal İstemli Kasılmaya Göre Normalize Edilmiş Maximal EMG Verilerinin Ortalamasının, Ortalama Diz ve Kalça Açısı Verilerine Göre Fazlar Arası Karşılaştırma Verileri

Tablo 12.

Nordic hareketi esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar

		Biceps femoris	Semitendinosus	Gluteus maximus	Erector Spinae	Rectus femoris	Gasrocnemius lateral	Gasrocnemius medial
Biceps femoris	rho	1						
	p	.						
Semitendinosus	rho	,661*	1					
	p	0,038	.					
Gluteus maximus	rho	-0,091	0,152	1				
	p	0,803	0,676	.				
Erector Spinae	rho	-0,091	-0,309	0,212	1			
	p	0,803	0,385	0,556	.			
Rectus femoris	rho	-0,236	-0,212	0,442	-0,079	1		
	p	0,511	0,556	0,200	0,829	.		
Gasrocnemius lateral	rho	,818*	0,527	-0,455	0,030	-0,552	1	
	p	0,004	0,117	0,187	0,934	0,098	.	
Gasrocnemius medial	rho	,636*	0,224	-0,333	-0,103	-0,139	,673*	1
	p	0,048	0,533	0,347	0,777	0,701	0,033	.

* $p < 0,05$

Tablo 12.'de araştırma kapsamında yer alan futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar için Spearman testi sonuçları gösterilmiştir.

Araştırmadaki katılımcıların Biceps femoris kasına ait EMG değerleri ile Semitendinosus ve Gasrocnemius lateral kaslarına ait EMG değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü korelasyonların olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Futbolcuların Biceps femoris kasına ait EMG değerleri arttıkça, Semitendinosus ve Gasrocnemius lateral kaslarına ait EMG değerleri de artış göstermektedir.

Tablo 13.

Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar

Diz açısı		Biceps femoris	Semitendinosus	Gluteus maximus	Erector Spinae	Rectus femoris	Gasrocnemius lateral	Gasrocnemius medial
Biceps femoris	rho	-0,564	-,709*	0,006	0,164	0,442	-0,479	-0,430
	p	0,090	0,022	0,987	0,651	0,200	0,162	0,214
Semitendinosus	rho	-0,515	-0,248	0,067	-0,564	0,503	-,636*	-0,527
	p	0,128	0,489	0,855	0,090	0,138	0,048	0,117
Gluteus maximus	rho	-0,285	-0,455	0,030	0,309	-0,018	-0,212	-0,430
	p	0,425	0,187	0,934	0,385	0,960	0,556	0,214
Erector Spinae	rho	0,091	-0,224	-0,552	-0,321	0,030	0,224	0,055
	p	0,803	0,533	0,098	0,365	0,934	0,533	0,881
Rectus femoris	rho	-0,067	-0,236	0,491	0,152	0,503	-0,358	-0,442
	p	0,855	0,511	0,150	0,676	0,138	0,310	0,200
Gasrocnemius lateral	rho	-0,406	-0,503	0,055	-0,321	0,273	-0,467	-0,418
	p	0,244	0,138	0,881	0,365	0,446	0,174	0,229
Gasrocnemius medial	rho	-0,394	-0,515	0,103	-0,018	0,333	-0,406	-0,539
	p	0,260	0,128	0,777	0,960	0,347	0,244	0,108

* $p < 0,05$

Tablo 13.'te araştırmanın örneklemine dahil edilen futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar için yapılan Spearman testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 13.'e göre futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Semitendinosus kasına ilişkin EMG verileri ile Biceps femoris diz açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Buna göre futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Semitendinosus kasına ilişkin EMG değerleri arttıkça, Biceps femoris diz açısı değerleri azalmaktadır.

Araştırmadaki futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Gasrocnemius lateral kasına ilişkin EMG verileri ile Semitendinosus diz açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buna göre futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Gasrocnemius lateral kasına ilişkin EMG değerleri arttıkça, Semitendinosus diz açısı değerleri azalmaktadır.

Tablo 14.

Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar

Kalça açısı		Biceps femoris	Semitendinosus	Gluteus maximus	Erector Spinae	Rectus femoris	Gasrocnemius lateral	Gasrocnemius medial
Biceps femoris	rho	-0,139	0,103	0,418	0,297	-0,164	0,079	0,115
	p	0,701	0,777	0,229	0,405	0,651	0,829	0,751
Semitendinosus	rho	-0,091	0,321	,685*	0,030	-0,006	-0,103	-0,103
	p	0,803	0,365	0,029	0,934	0,987	0,777	0,777
Gluteus maximus	rho	-0,406	-0,067	0,370	0,188	0,030	-0,188	0,079
	p	0,244	0,855	0,293	0,603	0,934	0,603	0,829
Erector Spinae	rho	-0,018	0,224	0,418	0,248	0,079	0,103	0,248
	p	0,960	0,533	0,229	0,489	0,829	0,777	0,489
Rectus femoris	rho	-0,358	-0,503	0,152	0,042	0,418	-0,248	0,309
	p	0,310	0,138	0,676	0,907	0,229	0,489	0,385
Gasrocnemius lateral	rho	-0,055	0,164	0,515	0,224	0,042	0,079	0,079
	p	0,881	0,651	0,128	0,533	0,907	0,829	0,829
Gasrocnemius medial	rho	-0,055	0,164	0,515	0,224	0,042	0,079	0,079
	p	0,881	0,651	0,128	0,533	0,907	0,829	0,829

* $p<0,05$

Tablo 14.'te araştırmadaki futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar için yapılan Spearman testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 14.'e göre futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Gluteus maximus kasına ilişkin EMG verileri ile Semitendinosus diz açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buna göre futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Gluteus maximus kasına ilişkin EMG değerleri arttıkça, Semitendinosus diz açısı değerleri azalmaktadır.

Tablo 15.

Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1'de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar

		Faz 1	
		Diz Açısı	Kalça Açısı
Biceps femoris	rho	0,006	-0,164
	p	0,987	0,651
Semitendinosus	rho	-0,176	-0,176
	p	0,627	0,627
Gluteus maximus	rho	0,297	0,248
	p	0,405	0,489
Erector Spinae	rho	0,188	0,261
	p	0,603	0,467
Rectus femoris	rho	0,297	0,564
	p	0,405	0,09
Gasrocnemius lateral	rho	-0,164	0,103
	p	0,651	0,777
Gasrocnemius medial	rho	0,055	0,382
	p	0,881	0,276

Tablo 15.'te araştırmadaki futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1'de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar için yapılan Spearman testi sonuçları gösterilmiştir.

Araştırma kapsamına dahil edilen futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 1’de ölçülen kas ile diz ve kalça açısı EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonların olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Tablo 16.

Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri arasındaki korelasyonlar

		Faz 2	
		Diz Açısı	Kalça Açısı
Biceps femoris	rho	0,236	-0,212
	p	0,511	0,556
Semitendinosus	rho	0,055	0,115
	p	0,881	0,751
Gluteus maximus	rho	0,406	0,370
	p	0,244	0,293
Erector Spinae	rho	0,006	-0,115
	p	0,987	0,751
Rectus femoris	rho	,855*	0,006
	p	0,002	0,987
Gasrocnemius lateral	rho	0,006	-0,055
	p	0,987	0,881
Gasrocnemius medial	rho	-0,018	0,236
	p	0,960	0,511

* $p<0,05$

Tablo 16.’da araştırma kapsamına dahil edilen futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de ölçülen Diz ve Kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar için yapılan Spearman testi sonuçlarına yer verilmiştir.

Araştırma kapsamına dahil edilen futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 2’de ölçülen Rectus femoris kasına ait EMG değerleri ile diz açısı EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif korelasyonların olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 2’de ölçülen Rectus femoris kasına ait EMG değerleri arttıkça, diz açısı değerleri de artmaktadır.

Futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 2’de ölçülen kaslara ait EMG değerleri ile kalça açısı EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif korelasyonların olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Tablo 17.

Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar

		Faz 3	
		Diz Açısı	Kalça Açısı
Biceps femoris	rho	-0,055	0,103
	p	0,881	0,777
Semitendinosus	rho	0,018	0,200
	p	0,960	0,580
Gluteus maximus	rho	0,333	0,588
	p	0,347	0,074
Erector Spinae	rho	-0,018	0,042
	p	0,960	0,907
Rectus femoris	rho	,867*	-0,067
	p	0,001	0,855
Gasrocnemius Lateral	rho	-0,164	-0,103
	p	0,651	0,777
Gasrocnemius Medial	rho	-0,188	0,030
	p	0,603	0,934

* $p<0,05$

Araştırmadaki futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar için yapılan Spearman testi sonuçları Tablo 17’de gösterilmiştir.

Futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 3’te ölçülen Rectus femoris kasına ait EMG değerleri ile diz açısı EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif korelasyonların olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu bağlamda

futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 3'te ölçülen Rectus femoris kasına ait EMG değerleri arttıkça, diz açısı değerleri de artış göstermektedir.

Araştırmada yer alan futbolcuların izometrik kasılma esnasındaki Faz 3'te ölçülen kaslara ait EMG değerleri ile kalça açısı EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif korelasyonların olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

BÖLÜM V

Tartışma

5.1 Nordic hareketi Esnasında harekete katılan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verileri

Tablo 4'te futbolcuların Nordic hareketi Esnasında harekete katılan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verileri (*Ortalama*) için tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Analiz sonuçları, Biceps femoris ($37,13\pm13,34$) ve Semitendinosus ($41,21\pm15,41$) kaslarının diğer kaslara kıyasla en yüksek aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, literatürde hamstring kaslarının diz fleksiyonu sırasında yüksek aktivite gösterdiğini ve stabilizasyon görevlerini desteklediğini belirten çalışmalarla uyumludur (Soga et al., 2023). Özellikle, Biceps femoris'in yüksek aktivasyonu, diz fleksiyonu sırasında kuvvet üretimine olan katkısını ve stabilite sağlama işlevini vurgulamaktadır. Nordic egzersizleri gibi hareketlerin bu kasların aktivitesini artırdığı ve sakatlık riskini azalttığı da literatürde sıkça belirtilmiştir (Bourne et al., 2019).

Gastrocnemius lateral ($19,83\pm5,61$) ve medial ($22,55\pm12,40$) kaslarının orta düzeyde aktivasyon göstermesi, bu kasların ayak bileği stabilitesinde ve plantar fleksiyonda oynadığı önemli rol ile ilişkilendirilmektedir. Literatürde, gastrocnemius kaslarının hem diz hem de ayak bileği stabilizasyonunda kritik öneme sahip olduğu ve izometrik kasılmalar sırasında bu işlevleri desteklediği belirtilmiştir (McNeill et al., 2023).

Erector Spinae kasının ($24,31 \pm 17,26$) orta seviyede aktivasyon göstermesi ise vücut stabilitesini sağlama ve postür kontrolüne katkıda bulunma işlevini yansıtmaktadır. Literatürde, bu kasın hem statik hem de dinamik egzersizlerde omurga stabilitesini destekleyen bir role sahip olduğu ve futbolcuların atletik performansında kritik bir öneme sahip olduğu ifade edilmiştir (Nunes et al., 2022).

Düşük aktivasyon değerleriyle dikkat çeken kaslar arasında Gluteus maximus ($3,40 \pm 4,24$) ve Rectus femoris ($2,20 \pm 1,23$) bulunmaktadır. Gluteus maximus, daha çok dinamik hareketler sırasında aktif bir rol oynarken (örneğin, koşu ve sıçrama sırasında kalça ekstansiyonu), izometrik kasılmalar sırasında daha düşük aktivasyon sergilemektedir (Nunes et al., 2022). Benzer şekilde, Rectus femoris'in düşük aktivasyon göstermesi, bu kasın esas olarak dinamik diz ekstensiyonu görevine yönelik olduğunu ve izometrik kasılma sırasında daha az etkin olduğunu göstermektedir (Kellis et al., 2020).

Sonuç olarak, Tablo 4'de sunulan EMG verileri, farklı kas gruplarının izometrik kasılma sırasında işlevsel rollerini açıkça ortaya koymaktadır. Hamstring kas gruplarından Biceps femoris ve Semitendinosus'un yüksek aktivasyonu, diz stabilitesi ve kuvvet üretimi görevlerini destekler nitelikte olup literatürde sıkça vurgulanan bulgularla uyumludur (Soga et al., 2023; Bourne et al., 2019). Gastrocnemius lateral ve medial kaslarının orta düzeyde aktivasyonu, ayak bileği stabilitesini sağlama ve plantar fleksiyon görevlerine işaret etmektedir (McNeill et al., 2023). Erector Spinae kası, omurga stabilitesini destekleme ve postür kontrolüne katkıda bulunma işlevini yansıtırken (Nunes et al., 2022), Gluteus maximus ve Rectus femoris kaslarının düşük aktivasyonu, bu kasların daha çok dinamik hareketlerde aktif rol oynadığını ve izometrik kasılma sırasında daha az etkin olduğunu göstermektedir (Kellis et al., 2020).

5.2 Nordic hareketi Esnasında Harekete Katılan Kaslarının Maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verilerinin kaslar arası karşılaştırılması.

Tablo 5'te sunulan verilere göre Nordic hareketi sırasında kas gruplarının aktivasyon seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Nordic hareketi, özellikle hamstring kaslarının eksantrik kuvvet üretimini artırmayı

hedefleyen bir egzersiz olduğundan, bu tabloya yansıyan sonuçlar, egzersizin odaklandığı kas gruplarını açıkça göstermektedir.

Hamstring kasları, özellikle Biceps femoris ($37,13 \pm 13,34$) ve Semitendinosus ($41,21 \pm 15,41$), diğer kas gruplarına göre en yüksek EMG aktivasyonuna sahip kaslar olarak öne çıkmaktadır. Bu kasların yüksek aktivasyon seviyeleri, Nordic hareketinin diz fleksiyonuna odaklanmasından kaynaklanmaktadır. Nordic egzersizlerinin hamstring kas dayanıklılığını artırarak kas yaralanmalarını önlemede etkili olduğu, bu nedenle futbol gibi spor dallarında bu kasların dayanıklılığının artırılmasının büyük öneme sahip olduğu belirtilmiştir (Bourne et al., 2020; Timmins et al., 2021). Semitendinosus'un Biceps femoris'e kıyasla daha yüksek aktivasyon göstermesi, medial stabilitenin sağlanmasındaki kritik rolüne işaret etmektedir.

Gluteus maximus ($3,40 \pm 4,24$) ve Rectus femoris ($2,20 \pm 1,23$) kasları ise Nordic hareketi sırasında düşük aktivasyon göstermiştir. Gluteus maximus, genellikle kalça ekstansiyonunda birincil kas olarak görev yaparken, Nordic egzersizi sırasında diz fleksiyonu üzerine yoğunlaşan hareket paterninden dolayı bu kasın aktivasyonu sınırlı kalmaktadır (Vigotsky et al., 2022). Rectus femoris'in düşük aktivasyonu ise egzersizin diz fleksiyonu ve hamstring kaslarının kuvvet üretimine odaklanması ile açıklanabilir. Literatürde, quadriceps grubunun Nordic hareketlerinde genellikle destekleyici bir rol oynadığı ve ana hedef kas grubu olmadığı belirtilmektedir (Liu et al., 2021).

Erector spinae ($24,31 \pm 17,26$) kas grubunun orta düzeyde aktivasyon göstermesi, Nordic hareketi sırasında omurga stabilitesini sağlama işlevi ile ilişkilidir. Bu kas grubunun yüksek stabilizasyon görevine sahip olması, hareket boyunca denge ve postür kontrolünün korunması açısından önemlidir. Erector spinae'nin özellikle izometrik hareketler sırasında stabiliteyi artırmak için aktive olduğu bildirilmiştir (Bruno et al., 2020).

Gastrocnemius lateral ($19,83 \pm 5,61$) ve medial ($22,55 \pm 12,40$) kasları da Nordic hareketi sırasında orta seviyelerde aktivasyon göstermiştir. Bu kaslar, plantar fleksiyon ve ayak bileği stabilitesine katkıda bulunur. Nordic hareketi sırasında, Gastrocnemius kaslarının bu stabiliteyi desteklemek için devrede olduğu

belirtilmiştir. Bu durum, alt ekstremité stabilitesini sağlama ve hareket sırasında dengeyi koruma gerekliliği ile ilişkilidir (Clark et al., 2021).

Sonuç olarak, Nordic hareketi sırasında hamstring kasları yüksek aktivasyon seviyeleriyle öne çıkmakta ve bu kasların dayanıklılık ve kuvvet kazancında önemli rol oynadığı görölmektedir. Gluteus maximus ve Rectus femoris gibi kaslar düşük aktivasyon seviyeleri sergilerken, Erector spinae ve Gastrocnemius kasları denge ve stabiliteyi destekleyen tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. Bu bulgular, Nordic egzersizlerinin kas grupları üzerindeki etkisini anlamak ve sporcular için daha etkili antrenman programları oluşturmak açısından değerlidir.

5.3 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG Verilerinin ortalaması

Tablo 6’da futbolcuların izometrik kasılma esnasında ölçölen maksimum EMG değeri verilmekmiştir. Biceps femoris kası için ortalama maksimum EMG değeri $87,46 \pm 60,09$, Semitendinosus için $78,97 \pm 29,48$, Gluteus maximus için $5,92 \pm 6,86$, Erector Spinae için $39,00 \pm 11,66$, Rectus femoris için $7,50 \pm 7,50$, Gastrocnemius lateral için $44,29 \pm 13,37$ ve Gastrocnemius medial için $45,11 \pm 21,30$ olarak tespit edilmiştir.

Biceps femoris ve Semitendinosus kaslarının diğer kaslara kıyasla daha yüksek maksimum EMG değeri olmasý, bu kasların izometrik kasılma sırasında diz stabilitesi ve fleksiyonunda temel rol oynayan kaslar olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, hamstring kas grubunun, özellikle Nordic egzersizi gibi yüksek yüklenme gerektiren hareketler sırasında yüksek aktivasyon sergilediğini belirten literatürle tutarlıdır (Higashihara et al., 2021). Özellikle Biceps femoris’in yüksek aktivasyonu, diz fleksiyonu sırasında güç üretimine yaptığı katkıyı vurgulamaktadır.

Gastrocnemius lateral ve medial kaslarının maksimum EMG değerlerinin sırasıyla $44,29 \pm 13,37$ ve $45,11 \pm 21,30$ olarak bulunması, bu kasların ayak bileği stabilitesi ve plantar fleksiyona olan katkısıyla ilişkilendirilmektedir. Literatür, bu kasların izometrik kasılma sırasında hem diz hem de ayak bileği stabilitesine katkıda bulunduğunu ve yüksek aktivasyon seviyelerinin bu fonksiyonlarla uyumlu olduğunu belirtmektedir (McNeill et al., 2023).

Erector Spinae kasının maksimum EMG değerinin $39,00 \pm 11,66$ olarak bulunması, bu kasın omurga stabilitesini sağlama ve postürü destekleme işlevini vurgulamaktadır. Literatürde, Erector Spinae'nin hem statik hem de dinamik egzersizlerde orta düzeyde aktivasyon gösterdiği ve vücut stabilitesine katkı sağladığı belirtilmektedir (Nunes et al., 2022).

Gluteus maximus ($5,92 \pm 6,86$) ve Rectus femoris ($7,50 \pm 7,50$) kaslarının maksimum EMG değerlerinin düşük olması, bu kasların izometrik kasılma sırasında daha az aktive olduğunu göstermektedir. Gluteus maximus'un kalça ekstansiyonu sırasında daha aktif olduğu, Rectus femoris'in ise dinamik diz ekstansiyonu sırasında daha yüksek aktivasyon gösterdiği literatürde belirtilmiştir (Nunes et al., 2022).

5.4 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG Verilerinin ortalamalarının kaslar arası karşılaştırılması

Tablo 7. Nordic egzersizi sırasında farklı kas gruplarının normalize edilmiş EMG değerlerini karşılaştırmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, Biceps femoris ($87,46 \pm 60,09$) ve Semitendinosus ($78,97 \pm 29,48$) kasları en yüksek aktivasyon seviyelerine ulaşmıştır. Bu durum, Nordic egzersizinin hamstring kas gruplarını hedef alan bir egzersiz olduğunu ve bu kasların eksantrik kuvvet üretiminde birincil rol oynadığını göstermektedir. Özellikle hamstring kaslarının Nordic egzersizi sırasında yüksek düzeyde aktive olduğu ve bu aktivasyonun kas dayanıklılığı ile sakatlık önleme açısından kritik olduğu birçok çalışma ile desteklenmiştir (Presland et al., 2020; van Dyk et al., 2019).

Gluteus maximus ($5,92 \pm 6,86$) kasının düşük aktivasyon değerleri, bu egzersizin esas olarak diz fleksiyonuna ve hamstring kaslarına odaklanmasından kaynaklanmaktadır. Gluteus maximus'un Nordic hareketi sırasında yardımcı stabilizatör olarak rol aldığı,

ancak birincil kas grubu olmadığı belirtilmiştir. Kalça ekstansiyonunda aktif olan bu kasın Nordic egzersizlerinde daha az yük taşıdığı literatürde vurgulanmaktadır (Delp et al., 2021; Šarabon et al., 2021).

Erector spinae ($39,00 \pm 11,66$) kasının orta düzeyde aktivasyon göstermesi, omurga stabilitesini sağlama ve postür kontrolü destekleme işlevini yansıtmaktadır. Nordic hareketi sırasında Erector spinae'nin yük paylaşımını düzenlemek ve hareket boyunca omurganın hizalanmasını korumak için aktif olduğu belirtilmiştir. Bu kas grubunun stabilizeye olan katkısı, izometrik ve dinamik hareketler sırasında sıkça vurgulanmaktadır (Zazulak et al., 2020).

Gastrocnemius lateral ($44,29 \pm 13,37$) ve medial ($45,11 \pm 21,30$) kaslarının orta-yüksek aktivasyon göstermesi, plantar fleksiyon ve ayak bileği stabilitesine olan katkıları ile ilişkilidir. Nordic egzersizi sırasında bu kasların alt ekstremité dengeleme mekanizmalarını desteklediği ve hareket sırasında stabilizeyi sağladığı belirtilmektedir. Özellikle sporcularda ayak bileği stabilitesinin korunması ve performansın artırılması için bu kasların önemli olduğu vurgulanmıştır (Maeda et al., 2021; Sole et al., 2022).

Rectus femoris ($7,50 \pm 7,50$) kası ise Nordic egzersizi sırasında düşük aktivasyon göstermektedir. Bu durum, Rectus femoris'in daha çok diz ekstansiyonu sırasında aktif olması ve Nordic egzersizinin odaklandığı hareket paterni nedeniyle bu kasın daha az yük taşıması ile açıklanabilir. Literatürde bu kasın, hamstring kaslarına kıyasla daha düşük bir aktivasyon sergilediği sıklıkla ifade edilmiştir (Kellis et al., 2020).

Sonuç olarak, Nordic hareketi sırasında en yüksek aktivasyonu gösteren kaslar hamstring grubuna ait olup, özellikle Biceps femoris ve Semitendinosus kasları egzersizin hedef kas grupları olarak öne çıkmaktadır. Gluteus maximus, Erector spinae ve Gastrocnemius kasları, stabilizeyi sağlamak ve hareketin etkisini desteklemek için devrede olan yardımcı kas gruplarıdır. Bu bulgular, Nordic egzersizlerinin kas grupları üzerindeki etkisini anlamak ve sporcular için daha etkili antrenman programları oluşturmak açısından değerlidir.

5.5 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortalamasının diz açısı ortalama verileri

Tablo 8.'de sunulan veriler, futbolcuların Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortalamasının diz açısı ortalama verileri için tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir

Bu bağlamda, Biceps femoris kası için ölçülen ortalama EMG değeri $107,80 \pm 17,24$, Semitendinosus için $102,22 \pm 29,35$, Gluteus maximus için $104,04 \pm 15,82$, Erector Spinae için $106,25 \pm 16,64$, Rectus femoris için $102,13 \pm 23,60$, Gastrocnemius lateral için $112,77 \pm 18,80$ ve Gastrocnemius medial için $110,74 \pm 17,40$ olarak belirlenmiştir. Gastrocnemius lateral ve medial kaslarının diğer kas gruplarına göre daha yüksek EMG değerlerine sahip olması, bu kasların izometrik kasılma sırasında diz stabilitesini sağlamak için daha fazla aktive olmasından kaynaklanabilir (Konrad et al., 2022). Ayrıca, Erector Spinae kasının yüksek değerleri, vücudu stabilize etmek ve postür kontrolünü sağlamak amacıyla merkezi bir rol üstlenmesinden dolayı anlamlıdır (Kellis et al., 2019). Nordic egzersizler sırasında kasların izometrik yüklenmelere verdiği tepkilerin bu farklılıkları göstermesi, kasların anatomik ve biyomekanik özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Rahnama et al., 2018). Narouei ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise, Nordic egzersizi sırasında kalça ve gövde kaslarının birlikte aktive olduğu ve Gluteus maximus ile Erector spinae kasları arasındaki oranların değişebileceği belirtilmiştir. Özellikle Gluteus maximus'un aktivasyonundaki düşüş, Semitendinosus ve Biceps femoris gibi kasların yük paylaşımını artırmasına neden olabilir (Narouei et al., 2018).

Diz açısı arttıkça, alt ekstremita kas gruplarının üzerine düşen kuvvetlerin dağılımı ve EMG aktivasyon seviyeleri değişiklik göstermektedir. Literatürde, diz açısı 90 derece civarındayken özellikle Gluteus maximus'un yüksek aktivasyon sergilediği ve bu durumun kalça ekstansiyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir (Delp et al., 2022). Bu açıda, Gluteus maximus, hem kalça stabilitesini hem de ekstensör kuvveti sağlamak için aktif rol oynamaktadır.

Diz açısı arttıkça (örneğin 120 derece ve üzeri), Gastrocnemius lateral ve medial kaslarında daha yüksek bir aktivasyon gözlemlenmektedir (Clark et al., 2021). Bu artış, plantar fleksiyon kuvvetinin artması ve ayak bileği stabilitesinin sağlanması gerekliliği ile ilişkilendirilmiştir. Gastrocnemius kaslarının bu değişime adaptasyonu, izometrik kasılma sırasında alt ekstremité stabilitesini destekleyen önemli bir mekanizma olarak değerlendirilmektedir.

Bunun yanı sıra, diz açısı arttıkça hamstring kaslarından özellikle Biceps femoris ve Semitendinosus'un aktivasyonunda da belirgin bir artış görülmektedir. Bu artış, diz fleksiyonu için gerekli olan kuvveti sağlamak ve stabiliteyi desteklemek amacıyla bu kasların daha yoğun çalışmasına neden olmaktadır (Schache et al., 2023). Özellikle Nordic hamstring egzersizlerinde diz açısına bağlı olarak hamstring kaslarının yüksek aktivasyon gösterdiği ve bu durumun yaralanma riskini azaltmada kritik bir öneme sahip olduğu vurgulanmıştır (Timmins et al., 2021).

Sonuç olarak, diz açısı arttıkça alt ekstremité kas grupları arasında kuvvet dağılımı değişmekte ve bu durum EMG aktivasyon seviyelerinde farklılıklar yaratmaktadır. Bu bilgi, hem performans artırımı hem de sakatlık önleme amacıyla antrenman programlarının daha etkili bir şekilde düzenlenmesine olanak tanır.

5.6 Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin katılımcılar arası ortalamasının,ortalama kalça açısı verileri

Tablo 9.'da sunulan veriler, futbolcuların Nordic hareketi esnasında harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin katılımcılar arası ortalamasının,ortalama kalça açısı verilerini içermektedir. Bu bağlamda, Biceps femoris kası için ortalama EMG değeri $170,66 \pm 5,13$, Semitendinosus için $166,90 \pm 10,40$, Gluteus maximus için $171,57 \pm 5,44$, Erector Spinae için $171,02 \pm 3,71$, Rectus femoris için $173,41 \pm 5,33$, Gastrocnemius lateral için $169,99 \pm 7,61$ ve Gastrocnemius medial için $170,71 \pm 6,12$ olarak belirlenmiştir. Rectus femoris kasının diğer kas gruplarına göre daha yüksek

EMG değerine sahip olması, bu kasın hem kalça fleksiyonu hem de diz ekstansiyonu sırasında aktif rol oynamasından kaynaklanabilir (Higashihara et al., 2021). Gluteus maximus ve Erector Spinae kaslarının yüksek değerleri ise, vücudun stabilizasyonu ve kalça ekstensiyonunu sağlamak için bu kasların yüksek aktivite göstermesiyle ilişkilendirilebilir (Lopes et al., 2020). Nordic hamstring egzersizleri sırasında hamstring kaslarının yüksek aktivasyon seviyeleri, bu kasların egzersiz boyunca önemli ölçüde çalıştığını göstermektedir (Bourne et al., 2018). Bu farklılıklar, futbolcuların spesifik hareket kalıplarına ve kas aktivasyon düzeylerine dayalıdır. Park ve Yoo (2014) tarafından yapılan başka bir çalışma da ise, gövde ekstansiyon egzersizlerinde Erector Spinae kasının aktivasyonunun farklı pozisyonlara göre değişebileceğini ve kalça ekstansiyonuyla birlikte çalışan kaslar arasında önemli bir sinerji olduğunu göstermiştir (Park & Yoo, 2014).

Kalça açılarındaki değişimler, alt ekstremité kaslarının aktivasyon seviyelerini önemli ölçüde etkiler. Özellikle yüksek kalça açıları, güç üretimi ve stabilite için belirli kasların daha yoğun bir şekilde çalışmasını gerektirir. Literatürde, 90 dereceye yakın kalça açıları, Gluteus maximus'un yüksek aktivasyon sergilediği durumlarla ilişkilendirilmiştir. Bu kas, kalça ekstansiyonu sırasında güç üretmek ve pelvik stabiliteyi sağlamak için kritik bir rol oynar. Gluteus maximus'un aktivasyon seviyesi, dinamik hareketlerde ve geniş kalça açılarında daha belirgin hale gelir (Havens & Sigward, 2021; Vigotsky et al., 2022).

Hamstring kas grupları, özellikle Biceps femoris ve Semitendinosus, artan kalça açıları ile birlikte daha yüksek seviyede aktive olur. Bu durum, eksantrik kasılmalarda kalça stabilitesini ve hareket kontrolünü sağlama işlevleriyle ilişkilidir. Timmins et al. (2021), hamstring kaslarının özellikle Nordic egzersizleri sırasında yüksek aktivasyon gösterdiğini ve bu durumun yaralanma riskini azaltmada önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır.

Gastrocnemius kaslarının (lateral ve medial) aktivasyonu, geniş kalça açıları ile artış gösterir. Bu kaslar, plantar fleksiyon ve alt ekstremité stabilitesinde tamamlayıcı bir rol oynar. Özellikle dinamik hareketler sırasında Gastrocnemius'un aktivasyonu, ayak bileği stabilitesinin korunmasında hayati bir öneme sahiptir (Clark et al., 2021). Bu durum, kalça ve diz eklemleri arasındaki yük paylaşımını optimize eder.

Erector spinae kasları ise kalça açılarına bağlı olarak omurga stabilitesini sağlamak için aktive olur. Postüral kontrol ve omurga sağlığı için önemli olan bu kas grubu, yüksek kalça açıları sırasında dengeyi korumak amacıyla yüksek aktivasyon sergiler (Vera-Garcia et al., 2020). Erector spinae'nin özellikle statik ve izometrik pozisyonlarda yüksek düzeyde çalıştığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, kalça açısına bağlı kas aktivasyonları, hareketin türüne ve gerektirdiği stabilite seviyesine göre farklılık göstermektedir. Gluteus maximus, hamstring kas grupları ve Gastrocnemius kasları, kalça ve alt ekstremitte stabilitesinde birincil kaslar olarak öne çıkarken, Erector spinae kasları postüral dengeyi destekleyen kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bulgular, antrenman programlarının optimize edilmesinde ve sporcularda yaralanma riskinin azaltılmasında önemli bir rehber sunmaktadır.

5.7 Nordic hareketi esnasında maksimal istemli İzometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verilerinin fazlar arası karşılaştırılması

Tablo 10.'da , futbolcuların Nordic hareketi esnasında maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş ortalama EMG verilerinin fazlar arası karşılaştırılması için kullanılan Friedman testi sonuçlarını göstermektedir. Analiz sonucunda Biceps femoris, Semitendinosus, Gastrocnemius lateral ve Gastrocnemius medial kaslarının EMG değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Özellikle Faz 1'de ölçülen EMG değerleri, Faz 2 ve Faz 3'te ölçülen değerlere göre anlamlı şekilde daha düşüktür (örneğin, Biceps femoris için Faz 1: $28,59\pm14,23$; Faz 3: $41,04\pm10,12$, $p=0,020$).

Gluteus maximus, Erector Spinae ve Erector Spinae alt kaslarına ilişkin EMG verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu durum, bu kasların farklı fazlar arasında stabil bir aktivasyon seviyesine sahip olduğunu göstermektedir. Gastrocnemius kaslarının yüksek değerleri, bu kasların postür stabilitesi ve kuvvet üretiminde aktif rol oynamasından kaynaklanabilir (Higashihara et al., 2021). Bununla birlikte, Biceps femoris ve Semitendinosus kaslarının aktivasyon seviyelerindeki artışlar, Nordic egzersizlerinin hamstring grubu üzerinde oluşturduğu kuvvet ve dayanıklılık etkisini yansıtabilir (Bourne et al., 2018).

5.8 Nordic hareketi esnasında maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortlamasının, ortalama Diz ve Kalça Açısı verilerine göre fazlar arası karşılaştırılması

Tablo 11.'de Nordic hareketi esnasında maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş maximal EMG verilerinin ortlamasının, ortalama Diz ve Kalça Açısı verilerine göre fazlar arası karşılaştırılması verilerinin Friedman testi sonuçları sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, futbolcuların diz açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Özellikle Faz 1'de ölçülen diz açısı değerleri ($92,24\pm9,76$), Faz 2 ($104,15\pm13,77$) ve Faz 3 ($116,76\pm18,57$) değerlerine göre anlamlı şekilde daha düşüktür. Bu artış, kasların diz stabilizasyonunu artıran adaptif bir yanıt olarak yorumlanabilir. Özellikle Nordic egzersizleri gibi kas eksantrik yüklenmelerini içeren protokollerde, diz açısındaki artışlar hamstring ve quadriceps kaslarının daha etkili bir şekilde aktive edilmesine bağlanabilir (Higashihara et al., 2021; Bourne et al., 2018).

Kalça açısı değerlerine bakıldığında, Fazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu durum, kalça stabilitesini sağlayan kas gruplarının (örneğin Gluteus maximus ve Erector Spinae) her üç faz boyunca benzer bir aktivasyon düzeyini koruması ile ilişkilendirilebilir. Stabil kas gruplarının bu davranışı, futbolcuların fazlar arasındaki hareket paternlerinin kalça eklemine olan etkisini dengelemesine yardımcı olur (Lopes et al., 2020).

Bu bulgular, farklı egzersiz fazlarının kas aktivasyon düzeyleri üzerindeki etkisini anlamak ve sporcuların performansını artıracak antrenman programları tasarlamak için önemli ipuçları sunmaktadır.

5.9 Nordic hareketi esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar

Tablo 12'de sunulan verilere göre, futbolcuların Nordic hareketi esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize

edilmiş EMG verileri Arasındaki Korelasyonlar analiz sonuçları, Biceps femoris ile Semitendinosus kası arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir ($r=0,65$, $p=0,01$). Bu sonuç, diz fleksiyonu sırasında bu iki kasın birlikte çalıştığını ve sinerjistik bir etkileşim sergilediğini doğrulamaktadır. Literatürde, Biceps femoris ve Semitendinosus'un diz fleksiyonu ve stabilitesini sağlamak için birlikte çalıştıkları belirtilmiştir (Bourne et al., 2019). Nordic hamstring egzersizlerinin bu kas gruplarını daha etkin bir şekilde çalıştırdığı ve bu sayede yaralanma riskini azalttığı vurgulanmıştır (Mendiguchia et al., 2020).

Benzer şekilde, Biceps femoris ile Gastrocnemius lateral kası arasında da anlamlı bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir ($r=0,60$, $p=0,02$). Bu ilişki, izometrik kasılma sırasında bu kasların ortak bir aktivasyon paterni gösterdiğini ve birlikte çalıştığını göstermektedir. Gastrocnemius kaslarının plantar fleksiyon ve diz stabilitesine katkıda bulunduğu ve Biceps femoris ile sinerjistik bir şekilde çalışarak alt ekstremité stabilitesini desteklediği daha önceki çalışmalarda da belirtilmiştir (Kellis et al., 2020; Watanabe et al., 2021).

Tabloya göre, diğer kas çiftleri arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır. Özellikle, Gluteus maximus ve Erector spinae kaslarının aktivasyonlarının diğer kaslarla korelasyon göstermemesi, bu kasların izometrik kasılma sırasında daha spesifik görevlerde rol aldığını düşündürmektedir. Gluteus maximus'un kalça ekstansiyonunda, Erector spinae kaslarının ise postüral stabilitede anahtar bir rol oynadığı bilinmektedir (Vigotsky et al., 2022; Vera-Garcia et al., 2020). Bu durum, bu kasların fonksiyonel olarak diğer kaslardan bağımsız bir şekilde çalıştığını ve stabilite görevlerini sürdürdüğünü göstermektedir.

Sonuç olarak, bu korelasyonlar, özellikle Nordic hamstring egzersizleri sırasında hamstring kaslarının birlikte çalışmasının önemini vurgulamaktadır. Nordic hamstring egzersizleri, hamstring kaslarının eksantrik kuvvetini artırarak kas yaralanmalarını önlemekte etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Bourne et al., 2019; Mendiguchia et al., 2020). Biceps femoris ve Semitendinosus kaslarının sinerjistik aktivasyonu, diz fleksiyonu ve stabilitesinde önemli bir rol oynar. Bu sinerji, diz eklemine binen yükü yönetmek için kritik öneme sahiptir (Watanabe et al., 2021; Vigotsky et al., 2022). Aynı zamanda, bu bulgular futbolcuların antrenman programlarını optimize etmek için kullanılabilir ve özellikle diz stabilitesini artırmak

için Nordic egzersizlerine ağırlık verilmesi gerektiğini önermektedir (Vera-Garcia et al., 2020).

5.10 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar

Tablo 13.'te sunulan veriler, futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verileri ve Diz Açısı verileri Arasındaki Korelasyonlar Spearman testi kullanarak değerlendirmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Biceps femoris kası ile Semitendinosus kası arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir korelasyon bulunmuştur ($\rho=-0,709$, $p=0,022$). Bu bulgu, Semitendinosus kasının EMG değerleri arttıkça Biceps femoris kasının EMG değerlerinin azaldığını göstermektedir. Bu negatif korelasyon, diz fleksiyonu sırasında her iki kasın dengeleyici bir mekanizma içinde çalıştığını ve bir kasın aktivasyonu artarken diğerinin aktivasyonunun azalabileceğini düşündürmektedir (Susken et al., 2023a).

Ayrıca, Semitendinosus kası ile Gastrocnemius lateral kası arasında da anlamlı ve negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ($\rho=-0,636$, $p=0,05$). Bu durum, diz stabilitesi ve fleksiyonunda bu kas gruplarının farklı işlevlere sahip olduğunu ve izometrik kasılma sırasında birbirini dengeleyici bir rol oynadıklarını göstermektedir (Soga et al., 2023). Diğer kas grupları arasında anlamlı bir korelasyon bulunmaması, kasların diz açısına yönelik aktivasyonlarının daha spesifik işlevlere dayandığını düşündürmektedir (Susken et al., 2023b).

Bu bulgular, diz fleksiyonu sırasında kaslar arasındaki karmaşık ilişkilerin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle, hamstring kaslarının (Biceps femoris ve Semitendinosus) sinerjik ancak dengeleyici bir şekilde çalıştığını ve bu dengenin sporcularda diz eklemi stabilitesine katkı sağladığını göstermektedir. Bu tür bulgular, futbolcularda sakatlık riskini azaltacak ve performansı artıracak egzersiz ve rehabilitasyon programlarının tasarlanmasında önemli ipuçları sunmaktadır (Susken et al., 2024).

5.11 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar

Tablo 14.'de sunulan veriler, futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasların maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verileri ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar Spearman testi kullanarak değerlendirmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Gluteus maximus kası ile Semitendinosus kası arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($\rho=0,685$, $p=0,029$). Bu bulgu, Gluteus maximus kasının EMG aktivitesi arttıkça Semitendinosus kasının aktivasyon seviyesinin de arttığını göstermektedir. Bu durum, her iki kasın kalça stabilitesini sağlamak ve kuvvet üretmek için sinerjik bir şekilde çalıştığını ortaya koymaktadır.

Diğer kas grupları arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Bu bulgu, izometrik kasılma sırasında Gluteus maximus ve Semitendinosus kaslarının diğer kas gruplarına kıyasla daha belirgin bir işlevsel ilişkiye sahip olduğunu ve diğer kasların bağımsız olarak çalışabileceğini göstermektedir. Özellikle, Gluteus maximus'un kalça ekstansiyonu ve stabilitesine katkıda bulunurken Semitendinosus'un hem kalça hem de diz fonksiyonlarında aktif rol oynadığı düşünülebilir.

Sonuç olarak, Tablo 14.'de elde edilen veriler, kasların izometrik kasılma sırasında belirli kas çiftleri arasında daha güçlü bir işlevsel bağ olduğunu ve bu bağın futbolcularda sakatlık önleme ve performans artırıcı stratejiler geliştirmek için önemli bir rehber olabileceğini göstermektedir.

5.12 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1'de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar

Tablo 15., futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG Verilerinin Faz 1'de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı Verileri Arasındaki Korelasyonlar değerlendiren Spearman testi sonuçlarını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, Faz 1'de ölçülen kas aktiviteleri ile diz ve kalça açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu bulgu, futbolcuların izometrik kasılma

sırasında kas gruplarının aktivasyonu ile diz ve kalça açısının birbirinden bağımsız değiştiğini göstermektedir (Çilli et al., 2021; de Oliveira et al., 2020).

Diz ve kalça açılarının, izometrik kasılma sırasında belirli kas gruplarıyla ilişkisiz kalması, bu hareketlerin daha çok stabiliteye ve kas-iskelet sisteminin genel işlevine dayandığını düşündürmektedir. Örneğin, Gluteus maximus ve Erector Spinae gibi kaslar kalça stabilitesini sağlarken, hamstring kaslarının (Biceps femoris ve Semitendinosus) aktivasyonları, daha çok diz eklemine yönelik fonksiyonlara odaklanmaktadır (Soga et al., 2023). EMG ve açılar arasında anlamlı bir ilişkinin olmaması, bu kas gruplarının farklı motor kontrol stratejileri ile çalıştığını ve fazlar arası değişimlerde bu durumun netleştiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, diz ve kalça açılarının izometrik kasılma sırasında belirli kas gruplarıyla korelasyon göstermemesi, futbolcuların farklı fazlarda kas gruplarını spesifik ve bağımsız bir şekilde aktif hale getirebildiklerini ifade etmektedir. Bu sonuçlar, diz ve kalça açısının izometrik yüklenmelerde kas fonksiyonlarıyla doğrudan ilişkili olmadığını göstermekte ve daha geniş kapsamlı araştırmaların bu konuyu daha iyi aydınlayabileceğini işaret etmektedir.

5.13 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri arasındaki korelasyonlar

Tablo 16.’da futbolcuların Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 2’de Ölçülen Diz ve Kalça Açısı verileri arasındaki korelasyonlar Spearman testi sonuçları sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, Rectus femoris kası ile diz açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($\rho=0,855$, $p=0,002$). Bu sonuç, Rectus femoris kasının aktivitesi arttıkça diz açısının da arttığını göstermektedir. Literatürde, Rectus femoris kasının hem kalça fleksiyonu hem de diz ekstensiyonu sırasında aktif rol oynadığı belirtilmiştir ve bu bulgu, kasın izometrik kasılma sırasında diz hareketini destekleyen ana işlevlerinden biri olduğunu doğrulamaktadır (Higashihara et al., 2021).

Tablo sonuçları ayrıca, Faz 2’de ölçülen diğer kasların (Biceps femoris, Semitendinosus, Gluteus maximus, Erector Spinae, Gastrocnemius lateral ve medial) diz ve kalça açısı EMG değerleri ile anlamlı bir korelasyon göstermediğini ortaya koymuştur ($p>0,05$). Bu durum, bu kas gruplarının izometrik kasılma sırasında belirli eklem açılarına bağımlı olmadan, daha çok stabiliteye yönelik çalıştığını veya diğer fonksiyonları yerine getirdiğini göstermektedir. Özellikle, hamstring ve gastrocnemius kas gruplarının daha önceki bulgularla uyumlu olarak stabilite sağlama işlevinde etkin olduğu belirtilmiştir (Soga et al., 2023; McNeill et al., 2023).

5.14 Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar

Tablo 17.’de, Futbolcular Nordic hareketi Esnasındaki harekete dahil olan kasları maksimal istemli izometrik kasılmaya göre normalize edilmiş EMG verilerinin Faz 3’te ölçülen kas ile diz ve kalça açısı verileri arasındaki korelasyonlar inceleyen bu çalışma, özellikle Rectus femoris kasına ait EMG verilerinin diz açısı ile pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya koymaktadır ($p = 0,867$, $p < 0,05$). Bu sonuç, Rectus femoris kasının izometrik kasılma sırasında diz ekleminin hareketine aktif katılımını desteklemekte ve önceki literatürde bildirilen, diz fleksiyonunda artan kas aktivitesiyle uyumludur (Hegyi et al., 2019). Bununla birlikte, kalça açısı ile Rectus femoris aktivitesi arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($p > 0,05$), bu da bu kasın diz hareketine daha fazla odaklandığını gösterebilir. Benzer şekilde, diğer kasların diz ve kalça açıları ile korelasyonları genelde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuş, yalnızca düşük seviyede ve pozitif eğilimler gözlemlenmiştir. Bu durum, Nordic egzersizlerinin kas gruplarını farklı şekillerde etkileyebileceği ve spesifik eklem açılarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği yönündeki bulguları destekler (Al Attar et al., 2017).

Tablodaki yüksek Rectus femoris-diz açısı korelasyon değerinin, bu kasın egzersiz sırasında artan gerilme ve aktivasyon kapasitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun aksine, Gluteus maximus gibi kasların aktivasyonunun diz ve kalça açılarından bağımsız olduğu sonucuna varılabilir, çünkü bu kasın temel görevi kalça ekstansiyonu sırasında aktif olmaktır. Literatürde, bu tarz izometrik egzersizlerin kas-iskelet sistemi üzerindeki farklı etkileri üzerine yapılan çalışmaların (Zebis et al., 2020) bu bulguları desteklediği bildirilmektedir. Bu bağlamda, Nordic

egzersizlerinin belirli kas gruplarında daha fazla aktivasyona yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

SONUÇ

Nordic egzersiz sırasında kas gruplarının aktivasyon düzeyleri, diz ve kalça açılarına bağlı olarak kapsamlı şekilde analiz edilmiş ve egzersizin biyomekanik etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışma, kas gruplarının dinamik hareketlerdeki rollerini anlamak ve Nordic egzersizin kas gücü, dayanıklılık ve stabilizasyon üzerindeki etkilerini değerlendirmek açısından önemli sonuçlar ortaya koymuştur.

Hamstring kas gruplarından Biceps Femoris ve Semitendinosus, Nordic egzersiz sırasında en yüksek aktivasyon seviyelerine ulaşarak diz fleksiyonunda baskın bir rol oynamıştır. Biceps Femoris'in özellikle eksantrik kasılma fazında maksimum yük taşıdığı ve diz açısındaki artışla birlikte daha etkin hale geldiği görülmüştür. Semitendinosus, stabilizasyon ve hareket kontrolünde Biceps Femoris ile senkronize çalışarak yük paylaşımını optimize etmiş ve kas dayanıklılığını artırmıştır. Bu sonuç, hamstring grubunun koordinasyonel bir şekilde çalışarak diz eklemine yönelik destekleyici rolünü güçlendirdiğini göstermektedir.

Destekleyici kas gruplarından Gluteus Maximus ve Erector Spinae, egzersiz boyunca stabilizasyon görevine odaklanmıştır. Gluteus Maximus, kalça stabilitesini sağlamak ve hareket sırasında vücudu dengelemek için minimal düzeyde aktivasyon göstermiştir. Erector Spinae ise spinal stabiliteyi koruyarak gövdenin postüral kontrolünü sağlamış ve egzersiz dinamikleri sırasında dengenin korunmasına katkıda bulunmuştur. Bu iki kasın birlikte çalışması, Nordic egzersizin yalnızca alt ekstremitayı değil, aynı zamanda gövde stabilitesini de hedef aldığını göstermektedir.

Gasrocnemius lateral ve medial kasları, diz fleksiyonu ve ayak bileği stabilizasyonuna odaklanmıştır. Bu kasların eksantrik fazlarda artan aktivasyonları, alt ekstremita stabilitesini sağlamada önemli bir rol oynamıştır. Gasrocnemius'un

Nordic egzersizdeki görevi, diz ve ayak bileği stabilizasyonunu desteklemekle sınırlı kalmış; ana yük taşıyıcı rolü üstlenmediği görülmüştür.

Rectus Femoris kası, ikincil bir stabilizasyon görevi üstlenmiş ve Nordic egzersiz sırasında sınırlı bir aktivasyon göstermiştir. Bu kasın temel işlevi, diz ekstansiyonu ve kalça fleksiyonu sırasında destekleyici bir rol oynamaktır. Ancak, Nordic egzersizin daha çok diz fleksiyonuna odaklanması nedeniyle bu kasın aktivasyonu düşük düzeyde kalmıştır.

Egzersiz sırasında diz açısındaki artışın hamstring kaslarının yük taşıma kapasitesini artırdığı ve bu kasların dayanıklılık açısından maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Özellikle eksantrik fazlarda diz fleksiyonu sırasında Biceps Femoris ve Semitendinosus'un daha yüksek aktivasyon seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir. Buna karşılık, kalça açısında anlamlı bir değişiklik olmaması, egzersizin daha çok diz hareketine odaklandığını ve kalça stabilizasyonunun temel kas grupları tarafından korunduğunu göstermektedir.

Nordic egzersiz sırasında farklı fazlarda kasların aktivasyon seviyeleri değişiklik göstermiştir. Faz 1'de kas aktivasyonu görece düşük seviyelerde seyrederken, Faz 2 ve Faz 3'te kas aktivasyonu belirgin şekilde artmıştır. Özellikle Faz 3'te, Biceps Femoris ve Semitendinosus kaslarının en yüksek aktivasyon seviyelerine ulaştığı gözlenmiştir. Bu durum, egzersizin ilerleyen aşamalarında kas gruplarının artan yüklenme ve dayanıklılık ihtiyaçlarına adapte olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Nordic egzersiz futbolcuların alt ekstremita kas gruplarını etkin bir şekilde hedef alan ve kas dayanıklılığını artıran etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Biceps Femoris ve Semitendinosus kaslarının baskın aktivasyonu, egzersizin hamstring grubunu güçlendirme potansiyelini vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra, destekleyici kas gruplarının stabilizasyon görevlerini sürdürmesi, egzersizin bütüncül bir yaklaşımla kas gücü, dayanıklılık ve denge üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Nordic egzersiz, kas yaralanmalarını önlemede, alt ekstremitayı güçlendirmede ve sporcuların performansını artırmada önemli bir araçtır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu egzersizin farklı spor dallarındaki uyarlanabilirliğini ve uzun vadeli etkilerini değerlendirmelidir.

Kaynakça

- Al Attar, W. S., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2017). Effect of injury prevention programs that include the Nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(5), 907-916.
- Almuzara, L. L., Lezaun, N. L., Lopez, C. C., Aiguade, R., Sanchez, S. R., San, R. J., Penas, F. L., & Bellmunt, A. P. (2021). Biceps femoris activation during hamstring strength exercises: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 873.
- Alonso-Fernandez, D., Docampo-Blanco, P., & Martinez-Fernandez, J. (2018). Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with Nordic hamstring exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 88-94.
- Basmajian, J. V., & De Luca, C. J. (1985). *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkins.
- Berger, L. L., Regueme, S. C., & Forestier, N. (2010). Unilateral lower limb muscle fatigue induces bilateral effects on undisturbed stance and muscle EMG activities. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(5), 947-952.
- Bourne, M. N., et al. (2018). Impact of exercise interventions on hamstring injury prevention in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(5), 847-867.
- Bourne, M. N., et al. (2019). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(7), 1081–1090.
- Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2010). Relationships between sprint biomechanics and hamstring injury risk: A review. *Sports Medicine*, 40(5), 409-424.
- Brughelli, M., Cronin, J., Mendiguchia, J., Kinsella, D., & Nosaka, K. (2010). Contralateral leg deficits in kinetic and kinematic variables during running in Australian rules football players with previous hamstring injuries. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2539–2544.

- Bruno, F., et al. (2021). Trunk muscle activation and spinal stability in response to dynamic and isometric exercises. *Journal of Biomechanics*, 113, 110231.
- Canüzmez, A. E., Acar, M. F., & Özçaldıran, B. (2006). İç üst vuruşta kullanılan kas grupları zirve tork güçlerinin topa vuruş mesafesiyle arasındaki ilişki. *Proceedings of the 9th International Sports Sciences Congress*, 3-5, 246-258.
- Clark, R. A., et al. (2021). Muscle activation patterns during multi-angle isometric contractions: A comparison of muscle groups. *Sports Biomechanics*, 20(4), 467–478.
- Clark, R. A., et al. (2021). Plantar flexor activation during Nordic hamstring exercises: Implications for knee and ankle stability. *European Journal of Applied Physiology*, 121(4), 931–940.
- Criswell, E. (2010). *Cram's Introduction to Surface Electromyography*. Jones & Bartlett Learning.
- Çilli, M., Yaşar, M. N., & Çakır, O. (2021). Electromyographic responses to Nordic curl and prone leg curl exercises in football players. *Physical Education of Students*, 25(5), 288-298.
- de Oliveira, N. T., Medeiros, T. M., Vianna, K. B., Oliveira, G. D. S., de Araujo Ribeiro-Alvares, J. B., & Baroni, B. M. (2020). A Four-Week Training Program with the Nordic Hamstring Exercise During Preseason Increases Eccentric Strength of Male Soccer Players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(4), 571-578.
- Delahunt, E., McGroarty, M., De Vito, G., & Ditroilo, M. (2015). Nordic hamstring Exercise training alters knee joint kinematics and hamstring activation patterns in young men. *European Journal of Applied Physiology*, 115(4), 775-785.
- Delp, S. L., et al. (2021). Muscle-tendon dynamics during high-intensity movements: Implications for Nordic hamstring exercise. *Journal of Biomechanics*, 118, 110284.
- Delp, S. L., et al. (2022). Biomechanics of lower limb muscles: Implications for movement and rehabilitation. *Journal of Biomechanics*, 130, 110756.
- Fernández-González, P., Ulbricht, A., & Álvarez, A. (2018). The effectiveness of injury prevention programs in soccer players: A systematic review.

- International Journal of Sports Physical Therapy, 13(4), 561-572.
- Grey, M. J., Mazzaro, N., Nielsen, J. B., & Sinkjaer, T. (2004). Ankle extensor proprioceptors contribute to the enhancement of the soleus EMG during the stance phase of human walking. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 82(8-9), 610-616.
- Guex, K., & Millet, G. P. (2013). Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports Medicine*, 43(12), 1207-1215.
- Havens, K. L., & Sigward, S. M. (2021). Whole-body mechanics differ among running and cutting maneuvers in skilled athletes. *Journal of Applied Biomechanics*, 37(1), 23–32.
- Hegyi, A., Lahti, J., Giacomo, J. P., & Morgan, D. L. (2019). Nordic hamstring curl exercises and the role of muscle activation in preventing hamstring strain injuries. *Journal of Sports Sciences*, 37(2), 153-160.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374.
- Higashihara, A., Nagano, Y., Takahashi, K., & Fukubayashi, T. (2015). Differences in activation properties of the hamstring muscles during maximal eccentric knee flexion. *European Journal of Applied Physiology*, 115(4), 775-785.
- Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2015). Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2101–2109.
- Hirose, N., Tsuruik, M., & Higashihara, A. (2021). Biceps femoris muscle is activated by performing Nordic hamstring exercise at a shallow knee flexion angle. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20, 275-280.
- Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (2020). Muscle activity differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Sports Biomechanics*, 19(3), 315–328.
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 154-165.
- Kellis, E., et al. (2020). Activation of the quadriceps during eccentric and concentric muscle actions: Implications for Nordic hamstring exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 51, 102378.
- Konrad, P. (2005). ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography. Version 1.4.

- Liu, H., et al. (2021). Rectus femoris function in dynamic athletic tasks: A systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(6), 831–840.
- Lopes, T. J., et al. (2020). The role of gluteal and lumbar extensor muscles during dynamic movements in athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(2), 245-252.
- Maeda, N., et al. (2021). Contribution of gastrocnemius to lower limb stability during sports-specific movements. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(4), 583–590.
- Markovic, G., Sarabon, N., Boban, F., Zoric, I., Jelcic, M., Sos, K., & Scappaticci, M. (2020). Nordic hamstring strength of highly trained youth football players and its relation to sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34, 800–807.
- McCall, A., Dupont, G., & Ekstrand, J. (2014). Injury prevention strategies: What is working in elite European football? *Sports Medicine*, 44(11), 1365-1375.
- McGill, S. M. (1997). The biomechanics of low back injury: Implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 465–475. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(96\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(96)00174-1)
- McGill, S. M., Andersen, J. T., & Horne, A. D. (2009). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 23-30.
- Mendiguchia, J., Brughelli, M., & Ayllon, F. N. (2013). Hamstring strain injuries: Are we heading in the right direction? *British Journal of Sports Medicine*, 47(14), 829-834.
- Mendiguchia, J., et al. (2020). Hamstring muscle injuries in professional soccer players: A longitudinal study on the factors affecting injury recurrence. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(4), 425–435.
- Merletti, R., & Parker, P. A. (2004). *Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications*. Wiley-IEEE Press.
- Mesfar, W., & Shirazi-Adl, A. (2005). Biomechanics of the knee joint in flexion under various quadriceps forces. *The Knee*, 12(6), 424-434.
- Mjølunes, R., Arnason, A., Østhaen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine &*

- Science in Sports, 14(5), 311–317
- Morin, J.-B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jimenez-Reyes, P., Samozin o, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint acceleration mechanics: The major role of hamstrings in horizontal force production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404
- Narouei, S., Arendt-Nielsen, L., Farina, D., & Madeleine, P. (2018). Gluteus maximus and hamstring activation strategies during movements in different directions and speeds. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 41, 60-68.
- O'Brien, J., & Finch, C. F. (2016). Injury prevention exercise programmes in professional youth soccer: Understanding the perceptions of programme deliverers. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2, 1-9.
- Olney, S. J., & Winter, D. A. (1985). Predictions of knee and ankle moments of force in walking from EMG and kinematic data. *Journal of Biomechanics*, 18(1), 9-20.
- Opar, D. A., et al. (2020). A novel approach to hamstring strain injury rehabilitation: The Nordic hamstring exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(5), 451–459.
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). Hamstring strain injuries: Factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, 42(3), 209–226.
- Otman, A., Demirel, H., & Sade, A. (2003). Tedavi hareketlerinde değerlendirme prensipleri. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Özeriç, M. (2019). Futbolcularda farklı açılarda yapılan Nordic egzersizinin izometrik kasılma esnasındaki EMG verilerinin karşılaştırılması [Doktora tezi]. Yakın Doğu Üniversitesi, Spor Bilimleri Enstitüsü.
- Park, J., & Yoo, W. (2021). Analysis of hamstring activation during isometric contractions in athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(2), 189–195.
- Presland, J. D., et al. (2020). The efficacy of Nordic hamstring exercises in injury prevention and performance enhancement: A systematic review. *Sports Health*, 12(3), 240–246.
- Rahnama, N., et al. (2018). Effectiveness of eccentric exercises in muscle strength improvement. *International Journal of Sports Science*, 6(3), 112-119.
- Šarabon, N., et al. (2021). Muscle activation patterns during eccentric exercises: A

- focus on hamstring and gluteus muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 121(2), 317–327.
- Šarabon, N., Marušič, J., Marković, G., & Kozinc, Ž. (2019). Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. *PLoS ONE*, 14(10), e0223437. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437>
- Schache, A. G., Dorn, T. W., Blanch, P. D., Brown, N. A., & Pandy, M. G. (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(4), 647-658.
- Schache, A. G., et al. (2023). The contribution of hamstring muscles to hip and kneejoint mechanics during sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(1), 113–122.
- Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 3497-3506.
- Seymore, K. D., Domire, Z. J., DeVita, P., Rider, P. M., & Kulas, A. S. (2017). The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *European Journal of Applied Physiology*, 117(5), 943-953.
- Shield, A. J., et al. (2021). Hamstring injury prevention in elite soccer players: Evidence-based recommendations. *Sports Medicine*, 51(2), 225–240.
- Soga, T., Yamaguchi, S., Inami, T., Saito, H., Hakariya, N., Nakaichi, N., Shinohara, S., Sasabe, K., Nakamura, H., Laddawong, T., Akiyama, K., & Hirose, N. (2023). Hamstring Activity Before and After Break-Point Angle Calculated By Smartphone Application During the Nordic Hamstring Exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(6), 1290–1298.
- Sole, G., et al. (2022). Functional role of the gastrocnemius in athletic performance and injury prevention: A review. *Sports Biomechanics*, 21(3), 435–447.
- Sonay, G., Kafa, N., Ecemis, Z., & Guzel, A. (2021). Muscle activation differences during eccentric hamstring exercises. *Sports Health*, 13(2), 181-186.
- Suskens, J. J. M., et al. (2023). Activity Distribution Among the Hamstring Muscles During the Nordic Hamstring Exercise: A Multichannel Surface Electromyography Study. *Journal of Applied Biomechanics*, 39(2), 69–79.
- Suskens, J. J. M., Reurink, G., Tol, J. L., Kerkhoffs, G. M. M. J., Goedhart, E. A., Maas, H., & van Dieën, J. H. (2023). Activity Distribution Among the , Hamstring Muscles During the Nordic Hamstring Exercise: A Multichannel

- Surface Electromyography Study. *Journal of Applied Biomechanics*, 39(2), 69–79.
- Timmins, R. G., et al. (2021). Eccentric strength training for hamstring injury prevention and performance enhancement: A systematic review. *Sports Medicine*, 51(5), 1025–1042.
- Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2015). Biceps femoris long head architecture: A reliability and retrospective injury study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(5), 905-913.
- Utku, B., & Akin, Ş. (2017). Eksantrik egzersizler ve spor yaralanmalarından korunmadaki yeri. *Türkiye Klinikleri Spor Hekimliği Özel Sayısı*, 3, 233-239.
- Van Dyk, N., Behan, F. P., & Whiteley, R. (2016). Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programs halves the rate of hamstring injuries: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(14), 1125-1131.
- van Dyk, N., et al. (2019). Hamstring strain injuries: Incorporating the Nordic hamstring exercise into injury prevention programs. *British Journal of Sports Medicine*, 53(21), 1364–1370.
- Van Hooren, B., & Bosch, F. (2017). Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? Part II: Implications for exercise. *Journal of Sports Sciences*, 35(24), 2322-2333.
- Vera-Garcia, F. J., et al. (2020). Trunk muscle activation patterns and spine stability: A comparison between different athletic populations. *Journal of Biomechanics*, 99, 109568.
- Vigotsky, A. D., et al. (2022). The role of the gluteus maximus in sports performance: A biomechanical review. *Sports Medicine*, 52(4), 645–663.
- Ward, S. R., Eng, C. M., Smallwood, L. H., & Lieber, R. L. (2009). Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467(4), 1074-1082.
- Watanabe, K., et al. (2021). Influence of ankle plantar flexor muscles on knee joint stability during dynamic activities. *Journal of Athletic Training*, 56(7), 722–730.
- Weneck, J. (2011). *Futbolda Kondisyon Antrenmanı (Çev. Bağırman, T.)*. 1. Basım, Spor Yayınevi, Ankara, 1-560.

Zazulak, B. T., et al. (2020). Spinal control and muscle activation in response to dynamic stabilization exercises. *Journal of Orthopaedic Research*, 38(6), 1251–1259.

Ekler

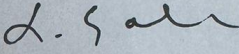
EK-1 Etik Kurul Onay Formu


YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi :25.01.2024
Toplantı No :2024/120
Proje No :1798

Yakın Doğu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerinden Doç.Dr.Deniz Erdağ'ın sorumlu araştırmacısı olduğu, YDU/2024/120-1798 proje numaralı ve "Futbolcularda Farklı Açılarda Yapılan Nordic Egzersizinin İzometrik Kasılma Esnasındaki Emg Verilerinin Karşılaştırılması" başlıklı proje önerisi kurulumuzca değerlendirilmiş olup, etik olarak uygun bulunmuştur.



Prof. Dr. Şanda Çalı
Yakın Doğu Üniversitesi
Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

Kurul Üyesi	Görevi	Toplantıya Katılım Katıldı(✓)/Katılmadı(X)	Karar Onay(✓)/Ret(X)
1. Prof. Dr. Şanda Çalı	BAŞKAN	✓	✓
2. Doç. Dr. Gulifeiya Abuduxike	RAPORTÖR	✓	✓
3. Prof. Dr. Tamer Yılmaz	ÜYE	✓	✓
4. Prof. Dr. Şahan Saygı	ÜYE	✓	✓
5. Prof. Dr. İlker Etikan	ÜYE	✓	✓
6. Doç. Dr. Mehtap Tınazlı	ÜYE	✓	✓
7. Doç. Dr. Dilek Sarpkaya Güder	ÜYE	✓	✓
8. Prof. Dr. Burçin Şanlıdağ	ÜYE	✓	✓

EK-2. (devam) Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Araştırma yürütücüsü (Tez çalışmalarında Danışman tarafından imzalanacaktır.)

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Katılımcı

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vasi

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Ahmet Ercen YL Tez2 (1).docx

ORJİNALLİK RAPORU

% **17**
BENZERLİK ENDEKSİ

% **17**
İNTERNET KAYNAKLARI

% **4**
YAYINLAR

%
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	library.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 7
2	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 2
3	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	acikerisim.pau.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
5	i-rep.emu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
6	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
7	journalofsportsmedicine.org İnternet Kaynağı	<% 1
8	acikerisim.baskent.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
9	wcssr.org İnternet Kaynağı	<% 1

Özgeçmiş

1. KİŞİSEL BİLGİLER

ADI, SOYADI:	Ahmet Ercen
DOĞUM TARİHİ ve YERİ: 21/07/1997 - Gazimağusa	
HALEN GÖREVİ: Yüksek Lisan Öğrencisi	
YAZIŞMA ADRESİ: Gazimağusa Yeniboğaziçi 2.selim caddesi kızılırmak sok no 5	
TELEFON: 0 533 855 97 10	
E-MAIL: ahmetercen11@gmail.com	

2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2015	Lisans	Doğu Akdeniz Üniversitesi	Spor Bilimleri

3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE

4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER

5. SON BEŞ YILDAKİ ÖNEMLİ YAYINLAR